

**Untersuchungen zu qualitätsbeeinflussenden,
nacherntephysiologischen und phytopathologischen
Prozessen bei Convenience-Produkten
während der Kurzzeitlagerung am Beispiel von Spargel
(*Asparagus officinalis* L.)**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
doctor rerum horticulturnarum
(Dr. rer. hort.)
eingereicht an der Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät
der Humboldt-Universität zu Berlin
von Dipl.-Ing. agr. Renate Kadau, geb. Weiß, geb. 5.10.1938 in Berlin

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Dekan der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät

Prof. Dr. Dr. h. c. Uwe Jens Nagel

Gutachter: 1. Frau Prof. Dr. Carmen Büttner
2. Frau Dr. Susanne Huyskens-Keil

Datum der Promotion: 4.7.2005

Meinen Kindern
Karola, Klaudia, Martin
und meinen Enkeln
Klara, Georg, Theodor und Romy

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ADF	Acid Detergent Fiber
ADL	Acid Detergent Lignin
AIS	Acid Insoluble Substance
ASTM	American Society for Testing and Materials
B	Bestimmtheitsmaß ($= r^2 \times 100 = \%$)
CEL	Cellulose
d	dies (lat) = Tag
DIN	Deutsche Industrienorm
ECE	Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen f. Deutschland.
EDTA	Ethylendiaminetetraaceticacid
EPF	EDTA-lösliche Pectinfraktion
FAO	Food and Agricultural Organisation
FM	Frischmasse
FRU	Fructose
GLU	Glucose
g	Gramm
HACCP	Hazard Analysis and Critical Point
HEM	Hemicellulose
LIG	Lignin
min	Minute
n	Anzahl der Wiederholungen
n.b.	nicht bestimmt
n.s.	nicht signifikant
NDF	Neutral Detergent Fiber
r	Korrelationskoeffizient
S1	Spargelstangenspitze bis 7 cm
S2	Spargelstange von 7 cm - 21 cm
SAC	Saccharose
SNA	Slight Nutrion Agar
TS	Trockensubstanz
TX	Textur
UPF	Unlösliche Pectinfraktion
WHO	World Health Organisation
WPF	Wasserlösliche Pectinfraktion

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	3
A Einleitung	7
1 Literaturübersicht Spargel (<i>Asparagus officinalis</i> L.)	8
1.1 Herkunft und Verbreitung	8
1.2 Botanik und Kulturansprüche	9
1.3 Wirtschaftliche Bedeutung.....	11
1.4 Ernährungsphysiologische Bedeutung	12
1.5 Qualitätskriterien	14
1.6 Transpiration und Respiration	17
1.7 Farbe.....	20
1.8 Textureigenschaften.....	21
1.9 Kohlenhydrate	24
1.10 Pilzinfektionen	25
1.11 Qualitätssicherung.....	26
B Einfluss unterschiedlicher Folienverpackungen und Oberflächencoating auf Qualitätsparameter von nicht geschältem und geschältem Spargel in Abhängigkeit von der Lagertemperatur und der Lagerdauer	30
1 Einleitung	30
2 Material und Methoden.....	31
2.1 Pflanzenmaterial und Erntekriterien	31
2.2 Aufbereitung der Spargelstangen.....	32
2.3 Farbe.....	34
2.4 Textur	34
2.5 Frischmasse und Trockensubstanz.....	34
2.6 Pectine	35
2.7 Lignin, Hemicellulose, Cellulose.....	36
2.8 Kohlenhydrate	38
2.9 Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentrationen	39
2.10 Statistische Methoden	40

3 Ergebnisse	41
3.1 Qualitätsparameter von nicht geschältem Spargel zum Erntezeitpunkt (Versuchsjahre 2001 – 2003)	41
3.2 Einfluss der Lagertemperatur auf Qualitätsparameter von nicht geschältem und nicht verpacktem Spargel	41
3.3 Einfluss der Folienverpackung und Lagertemperatur auf Qualitätsparameter von nicht geschältem Spargel	46
3.3.1 OPPC	46
3.3.2 PP	50
3.3.3 P-Plus 2	52
3.3.4 Oberflächencoating	53
3.3.5 BAW 3	54
3.4 Einfluss der Folienverkaufsverpackung und Lagertemperatur auf Qualitätsparameter von geschältem Spargel	57
3.4.1 OPPC	57
3.4.2 BAW 1	61
3.4.3 PP	66
3.4.4 P-Plus 2	68
3.4.5 Oberflächencoating	72
3.4.6 BAW 3	74
3.4.7 P-Plus 3	77
3.5 Vergleich der Folienverpackungen	80
3.5.1 Textur	80
3.5.2 Verhältnis wasserlösliches Pectin zu unlöslichem Pectin	88
3.5.3 Frischmasse	89
3.5.4 Farbe	90
3.5.6 Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentrationen	94
C Stoffwechselprozesse in den Stangensegmenten	95
1 Einleitung	95
2 Material und Methoden	96
2.1 Pflanzenmaterial und Erntekriterien	96
2.2 Aufbereitung der Spargelstangen	96
2.3 Thermische Fotografie	96

2.4 Elektronenmikroskopische Untersuchungen	97
2.5 Statistische Methoden	97
3 Ergebnisse	97
3.1 Biochemische Veränderungen in Spargelsegmenten in Abhängigkeit von der Lagertemperatur	97
3.2 Veränderungen der Qualitätsparameter in den Segmenten von nicht geschältem und geschältem Spargel	99
3.3 Zellwandveränderungen von nicht gelagertem Spargel	101
D Endophytisches Pilzwachstum in den Spargelstangen	103
1 Einleitung	103
2 Material und Methoden	103
2.1 Probennahme	103
2.2 Nachweis endophytischer Pilze	104
2.3 Nachweis von Fumonisin B ₁	106
2.4 Statistische Methoden	107
3 Ergebnisse	107
3.1 Endophytische Pilzbesiedlung (Übersicht Versuchsjahre 2002 und 2003)	107
3.2 Endophytische Pilzbesiedlung (Erntesaison 2002)	109
3.3 Endophytische Pilzbesiedlung (Erntesaison 2003)	113
3.4 Fumonisin B ₁	114
E Diskussion	115
1 Prüfung der Kontrollvarianten von Spargel der Versuchsjahre 2001-2003	115
2 Einfluss der Lagerkonditionen auf Qualitätseigenschaften von Spargel	116
3 Physiologische Veränderungen in den Spargelsegmenten während der Lagerung	125
4 Fumonisin B ₁ - Problematik und Einflussfaktoren auf das endophytische Pilzwachstum	128
F Zusammenfassung	138
G Literaturverzeichnis	140
H Anhang	154
I Danksagung	172
J Eidesstattliche Versicherung	173

A Einleitung

Bleichspargel ist für die deutschen Gemüseproduzenten ein wichtiger wirtschaftlicher Faktor. Nachfrageanalysen in den EU-Ländern haben ergeben, dass in Deutschland von 1992 bis 2001 eine Zunahme um 28 % des Frischkonsums von Bleichspargel zu verzeichnen war (BEHR, et al. 2001). Die Qualitätssicherung von Spargel, insbesondere aber von geschältem (Convenience-) Spargel stellt wegen der hohen Stoffwechselaktivität (Kader, 2002) und der damit verbundenen leichten Verderblichkeit des Produkts bei nachfolgender Kurzzeitlagerung eine Herausforderung dar. Aktueller Wissensstand und produktphysiologische Kenngrößen sind erforderlich, um technologische und logistische Maßnahmen abzustimmen.

Durch Veränderungen der gesellschaftlichen Struktur (BERG, 1997) und Änderungen im Verbraucherverhalten, hat dieses Marktsegment an Bedeutung gewonnen (Cook, 1999). Erzeuger und Einzelhandel bieten als Serviceleistung Convenience-Spargel an, aber auch das Hotel- und Gaststättengewerbe ist an Convenience-Produkten interessiert, da sich bei vorverarbeiteten und küchenfertig aufbereiteten Rohwaren Kosten einsparen lassen. Als Schutz vor mechanischen Beschädigungen und aus Gründen der Hygiene (Befall mit Mikroorganismen) gehören zum Qualitätsmanagement für vorbeugenden Verbraucherschutz produktphysiologisch angepasste Verkaufsverpackungen.

Am Beispiel der Spargelsprosse, die im juvenilen Stadium geerntet wird und besonders empfindlich auf Nacherntebehandlungen und den Schälvorgang reagiert (SCHWARZBACH et al., 2004; JUNKER, 2003; WEIDENBÖRNER, 1999; WEICHMANN, 1997; SCHOCKERT, 1993), soll untersucht werden, ob sich im Hinblick auf die physiologischen Veränderungen von Convenience-Produkten Möglichkeiten bieten, durch Folienverkaufsverpackungen, Lagertemperatur und Lagerdauer, qualitätserhaltende Maßnahmen nach der Ernte einzuleiten. Daher wurde in dem vorliegenden Versuch der Einfluss der Lagerdauer, der Lagertemperatur und der Folienverpackung auf charakteristische Qualitätsparameter (Textureigenschaften, Farbe, Speicher-, Transport- und Gerüstkohlenhydrate) und auf das Pilzwachstum nicht geschälten und geschälten (Convenience-) Spargels (*Asparagus officinalis* L.) untersucht.

1 Literaturübersicht Spargel (*Asparagus officinalis* L.)

1.1 Herkunft und Verbreitung

Der Spargel gehört innerhalb der Klasse der *Monokotyledoneae* zur Ordnung *Liliales*, Familie *Liliaceae*, Gattung und Art *Aspararagus officinalis* L.

Als Heimat werden die Gebiete rund um das Schwarze Meer genannt, aber auch die Mittelmeerküsten. In der Pyramide von Sakkara (Ägypten, 3000 v.Chr.), finden sich Abbildungen von Bündeln mit Pflanzensprossen. Ob es sich um Spargel handelt ist zweifelhaft, es könnten auch Bambussprossen sein (BOONEN, 2001). Antike Abbildungen aus China, die glauben lassen, es handele sich bei den abgebildeten Pflanzen um Spargel, sind entweder als Holzbündel oder als Bambussprossen identifiziert worden (HARTMANN, 1989). Mehr Sicherheit besteht über den Anbau in Griechenland, ungefähr 400 v. Chr. Es handelte sich um grünen Spargel, wahrscheinlich um die jungen Triebe des wild vorkommenden *Asparagus acutifolius* L., den der griechische Arzt Hippokrates erwähnt. Spargel, lat. *asparagus*, soll sich vom griechischen Wort „*asparagos*“ (junger Trieb) herleiten. Die Verbreitung des Spargels über seine Heimat hinaus begann etwa im zweiten vorchristlichen Jahrhundert. Die älteste Kulturbeschreibung stammt von dem Römer Cato und erschien etwa 150 v. Chr. Die Eroberungszüge führten die Römer bis in den Schwarzmeerraum. Sie verbreiteten von dort aus mit großer Wahrscheinlichkeit *Asparagus officinalis* L. über ganz Europa (BOONEN, 2001). In Deutschland wurde Spargel erstmals 1565 im Lustgarten zu Stuttgart angepflanzt (ENGLER et al., 1985). Heute wird auf der Welt überall dort Spargel angebaut, wo die klimatischen Faktoren dieses zulassen. Weltweit wurden, nach Berechnungen im Jahre 1997, etwa 46 % der Spargelpflanzen als Grünspargel und 54 % als weißer Spargel von insgesamt 213 420 ha geerntet (BOONEN, 2001). Grün geernteter Spargel soll einen höheren Gehalt an Vitamin C haben, während weißer Spargel einen höheren Gehalt an Glucose aufweisen soll (SCHEER, 2003; KETSA und UTHAIBERT, 1987). Spargel zählt mit 57kJ / 100 g essbaren Anteils zu den kalorienarmen Gemüsearten (SOUCI et al., 1986) und wird daher als Nahrungsmittel zur Gewichtsreduzierung empfohlen. Als Diuretikum verwendet, wird die harntreibende Wirkung des Spargels genutzt, sie soll durch Saponine und stickstoff- und schwefelhaltige Verbindungen hervorgerufen werden (HARTMANN, 1989).

1.2 Botanik und Kulturansprüche

Morphologisch zählt der Spargel zu den Wurzelsukkulenten und ist eine weit verbreitete euro-sibirische, kontinentale, zweihäusige Staude mit unterirdischen Speicherorganen (STRASBURGER, 1987). Das ausdauernde Gewächs besitzt ein horizontal wachsendes sympodiales Rhizom, dessen Endknospe sich zu einem oberirdischen bäumchenartigen Spross entwickelt. Gleichzeitig entspringt aus der Achsel eines Schuppenblattes an der Basis des Luftsprosses ein kurzer, plagiotrop wachsender Fortsetzungstrieb, der sich alsbald wieder zu einem oberirdischen Laubspross aufrichtet. Das dicke und derbfleischige Rhizom des Spargels ist eine plagiotrop wachsende Sprossachse mit extrem kurzen Internodien. Zu Beginn jeder Vegetationsperiode richtet sich die Rhizomspitze auf, wobei sich an der so genannten Umkrümmungsstelle eine Erneuerungsknospe bildet. Das aus zahlreichen Sprossgenerationen bestehende Rhizom entwickelt sich sympodial: auf der Oberseite werden Niederblätter, auf deren Unterseite Speicherwurzeln ausgebildet. Die am Rhizom ansitzenden sprossbürtigen Wurzeln ziehen durch Kontraktion das Rhizom in die für die Art charakteristische Tiefenlage. Da das Rhizom von hinten her abstirbt und sich an seiner Spitze ständig verlängert, wächst es von seinem ursprünglichen Pflanzort fort. Deshalb pflanzt man bei Neuanlagen die Rhizome in der Richtung des Beetes (FRANKE, 1997). Spargel bildet aufrechte, kahle Sprossen mit spiralig stehenden chlorophyllfreien Schuppenblättern, die sich in der Erde leicht verzweigen. Die Seitensprosse entwickeln sich in den Achseln der Schuppenblätter. Auch die büschelartigen Kurztriebe (Phyllokladien oder Kladodien) entstehen in den Blattachseln. Sie sind die chlorophyllführenden Assimilationsorgane der Pflanze, die nadelförmig und stielrund einen Durchmesser von 0,5 mm und eine Länge von über 2 cm erreichen können. Sie repräsentieren einen Doppelwickel mit gestauchter Scheinachse. Die axillar am Grunde einzelner Phyllokladien entspringenden Blütenstiele tragen kleine, unscheinbare und gewöhnlich nicht vollkommen zweihäusige Blüten. Absolute Zweigeschlechtlichkeit tritt selten auf. Die männlichen Blüten besitzen 6 Staubblätter und einen unfruchtbaren Fruchtknoten, die weiblichen einen dreifächerigen Fruchtknoten mit maximal sechs Samenanlagen und sechs verkümmerten Staubblättern (STRASBURGER, 1987). Bei männlichen Pflanzen werden Übergänge gefunden (Andromonözisten). Bei weiblich fertilen Andromonözisten ist die Blüte so gebaut, dass Selbstbefruchtung vorkommen kann (FRANKE, 1997).

Um optimale Ernten zu erzielen sind 25 - 28°C Lufttemperatur und >12°C Bodentemperatur während der Vegetationsperiode, lockerer, tiefgründiger Boden mit gutem Wasserhaltevermögen und Niederschläge von 1200 bis 1400 mm pro Jahr nötig (HARTMANN, 1989). Wenige Anbauggebiete erfüllen alle diese Kriterien. In Deutschland mit durchschnittlichen Niederschlägen von ca. 880 mm (Schwarzwald) bis ca. 440 mm (Brandenburg) (DEUTSCHER WETTERDIENST, 2004) muss Spargel zusätzlich bewässert werden (Hartmann, 1989). Auch das insgesamt kühlere Klima gegenüber den Mittelmeeraanliegern und die kürzere Vegetationszeit machen den Anbau von Spargel in Deutschland komplizierter. In manchen Jahren verzögern lang anhaltende tiefe Temperaturen bis in den April hinein das Wachstum. Um dem zu begegnen und frühzeitig mit dem Verkauf von Bleichspargel beginnen zu können, werden die Felder mit schwarzen, die Sonnenwärme einfangenden Plastikfolien abgedeckt. Damit erreicht man Verfrühung der Ernte bis zu einer Woche. Da die Rückseiten der Folien weiß sind, wird durch Wenden der Folie der umgekehrte Effekt erreicht: bei zu hohen Temperaturen strahlt die weiße Fläche das Sonnenlicht ab und verhindert zu hohes Erwärmen des Bodens. Angebotsüberhänge können so kurzfristig vermieden werden. Auch Containerkulturen mit Bodenheizung und Kulturen in Gewächshäusern werden erfolgreich angewendet, um mit dem ersten Spargel rechtzeitig auf dem Markt zu sein (HELMHOLZ, 1999). In Deutschland werden rund 97 % der Spargelsprossen als Bleichspargel geerntet. Durch Aufschütten von sandigem Boden zu einem Wall erreicht man, dass die im Frühjahr entstehenden aufrechten unterirdischen Sprossen in der Länge von ca. 22 cm weiß bleiben. In einer Vegetationsperiode werden etwa 7-10 Sprossen gebildet (BOONEN, 2001). Die Ernte beginnt, je nach Witterungsverlauf, Sorte und Anbaugbiet etwa am 18. April. SCHEER (2002) stellte bei Versuchen im Gewächshaus fest, dass der Ertebeginn signifikant von der Unterbodentemperatur im Rhizombereich abhängt. Bei einer konstanten Temperatur am Rhizom von 9,4°C wurde Spargel zu 50 % zwischen dem 84 und 96 Tag nach Beginn der Temperaturbeeinflussung geerntet. 75 % der Erntemenge waren zwischen dem 77 und 100 Tag nach Beginn der Temperaturbeeinflussung zu erwarten. Die Differenz zwischen Oberflächen- und Unterbodentemperatur betrugen bei dieser Variante 2,2 K. Bei 14,1°C Temperatur am Rhizom begann die Ernte durchschnittlich nach 36 Tagen und endete nach 52 Tagen. Die Temperaturdifferenz hier betrug zwischen Oberfläche und Unterboden 6,2°C. Lagen die Temperaturen am Rhizom um 19°C (Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Unterboden 0,9°C), konnte mit

der ersten Spargelernte nach 24 Tagen gerechnet werden, beendet wurde sie nach weiteren 10 Tagen.

Nach dem 21. Juni (südliches Deutschland 24. Juni) wird nicht mehr gestochen, damit sich das Rhizom nicht erschöpft, sondern nach dem Auswachsen einiger Laubspossen wieder mit Assimilaten aufgefüllt werden kann. Die Pflanzen sind mehrjährig, angeblich können sie mehr als 50 Jahre alt werden. Wirtschaftlich interessant ist der Spargelanbau aber nur in den ersten zehn Jahren. Ältere Sorten mit weniger dicken Stangen blieben früher bis zu 12 Jahre im Ertrag. Bei heutigen neuen Züchtungen geht der Ertrag oft schon nach acht Jahren auf ein unwirtschaftliches Maß zurück. Im derzeitigen Spargelanbau ist Bodenmüdigkeit das Haupthindernis für zufrieden stellende Ernten, da Brachland für Neuanlagen selten zur Verfügung steht. Nach neueren Erkenntnissen liegt der Hauptgrund für Bodenmüdigkeit im Befall der nach dem Roden einer Anlage im Boden verbleibenden Pflanzenwurzeln mit dem Pilz *Fusarium oxysporum*. Praxiserfahrungen zufolge ist bis zu 25 Jahre bei derart kontaminierten Böden ein Spargelanbau nicht erfolgreich (BOONEN, 2001).

1.3 Wirtschaftliche Bedeutung

Der Spargelanbau nimmt in Deutschland mit einem Anteil von rund 16% an der Gesamtgemüseanbaufläche und einem Absatzvolumen von 180 Mio. € die Spitzenposition bei den Gemüseprodukten ein. Die Anbaufläche in Deutschland wurde im Jahre 2003 auf 12000 ha geschätzt. Genaue Angaben sind schwierig, da jedes Jahr Flächen gerodet und andere Junganlagen neu hinzukommen. Man rechnet mit einer Zunahme der Anbauflächen im Zeitraum 1992 bis 2003 um 10 % (BEHR, 2002).

Der Pro-Kopf-Verbrauch von Spargel hat in den letzten zwei Jahrzehnten kontinuierlich zugenommen: Verzehrt ein Bürger in der BRD im Jahr 1980 noch 0,36 kg, so waren es 2001 durchschnittlich 1,5 kg. Untersuchungen der CMA haben ergeben, dass deutsche Käufer Spargel aus heimischem Anbau bevorzugen (CMA, 2003). Am Gesamtumsatz von Bleichspargel haben Wochenmärkte einen Anteil von 28 %, der Verkauf ab Hof 26 %, Discounter 21 %, die Verbrauchermärkte 15 % und der Ladeneinzelhandel 10 %. Dem Qualitätsbewusstsein der Verbraucher ist es zuzuschreiben, dass sich einheimischer Spargel für einige Regionen sogar zur typischen Spezialität entwickelt hat und für frischen, qualitativ hochwertigen Spargel mehr bezahlt wird, als für Importware (BEHR, 2002).

Noch bevor die Ernte beginnt, bringen Erzeugerländer mit wärmerem, milderem Klima wie Spanien, Griechenland, Frankreich und Italien, im zeitigen Frühjahr Spargel

auf den deutschen Markt. Die in anderen europäischen Ländern Spargel produzierenden Anbauer versorgen die Binnenmärkte und treten als Exporteure kaum in Erscheinung (ZMP, 1999). Europa ist der größte Markt für weißen Spargel. Außerhalb Europas wird in Nord- und Mittelamerika, Südamerika, Australien, Neuseeland, Asien und Afrika Spargel angebaut, der nach HARTMANN (1989) und BOONEN (2001) zu rund 50 % als Grünspargel geerntet wird. Flächenmäßig liegt China an erster Stelle im Spargelanbau, die Fläche soll dort 55000 ha betragen, davon entfallen 85 % auf weißen und 15 % auf grünen Spargel (Xu et al., 2004). Um die Angebotsspitzen an Spargel und dem daraus folgenden Preisverfall zu begegnen, wurden moderne technologische Verfahren eingesetzt. Als erste Maßnahme ist die Abdeckung der Spargelbeete mit weißen Folien zu nennen, die somit schon vor der Ernte für eine Verzögerung des Aufwuchses durch kühlere Bodentemperaturen sorgen. Nach dieser zeitlich begrenzten Maßnahme steht die Lagerhaltung zur Verfügung, die bei frischem Spargel unter CA-Lagerung bis zu 21 Tagen (MEYER, 2003) und bei Convenience-Spargel auf drei bis vier Tage begrenzt ist (HUYSKENS-KEIL, 2001).

1.4 Ernährungsphysiologische Bedeutung

Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse werden in Wirkstoffe mit Nährstoffcharakter, Ballaststoffe und antinutritive Inhaltsstoffe unterteilt (WATZL UND LEITZMANN, 1999). Unter dem Begriff antinutritive Inhaltsstoffe versteht man gesundheitsfördernde und gesundheitsschädliche nicht essentielle Nährstoffe, deren fördernde oder schädigende Wirkung letztlich eine Frage der Konzentration ist. Die neutrale Bezeichnung dafür ist „sekundäre Pflanzenstoffe“. In Lebensmitteln enthaltene gesundheitsfördernde Wirkstoffe ohne Nährstoffcharakter werden als bioaktive Substanzen bezeichnet. Hierzu zählen auch die Ballaststoffe. Sie sind diejenigen Bestandteile pflanzlicher Nahrung, die von den körpereigenen Dünndarmenzymen des Menschen nicht abgebaut werden können. Der Begriff umschreibt keine einheitliche Substanzgruppe, denn chemisch gesehen sind die meisten Ballaststoffe hochmolekulare Polysaccharide, die zu den Kohlenhydraten gehören. Die Hauptvertreter der Ballaststoffe sind Cellulose, Hemicellulose, Pectine und die β -Glucane. Auch das Lignin gehört zu den Ballaststoffen, macht aber insofern eine Ausnahme, als es ein Polymer aus Sinapil-, Conyferil- und Cumarylalkoholen ist (JACOB et al., 1994).

Spargel zählt mit 57 kJ / 100g verzehrbaren Anteils zu den kalorienarmen und wegen der Zusammensetzung seiner Inhaltsstoffe (Tab.1) zu den gesundheitsfördernden Gemüsearten (WATZL und LEITZMANN, 1999).

Tab. 1: Inhaltsstoffe in 100 g frischem Bleichspargel (SOUCI et al., 1986).

Inhaltsstoff	g / 100g Frischmasse
Wasser	93,6
Protein	1,9
Fett	0,14
Fructose	0,99
Glucose	0,81
Saccharose	0,24
Ballaststoffe	1,47
Mineralstoffe	0,62
Cellulose	0,75

Schon um 1100 v. Chr. erwähnten der byzantinische gelehrte Seth und der arabishe Arzt Elimittar den Spargel als harntreibende Heilpflanze, auch der griechische Arzt Hippokrates (400 v Chr.) verwendete ihn als Medizin. Daher auch der Zusatz „*officinalis*“ (HARTMANN, 1989). In früheren Zeiten wurde Spargel im amtlichen Arzneibuch als Heilpflanze aufgeführt (JACOBET et. al., 1988). In unterschiedlichen Konzentrationen sind in Wurzeln, Spross, Phyllokladien und Samen weiterhin Amino- und Fettsäuren, das Flavonolglycosid Rutin, Nicotinflorid, Ferulasäure- β -Glucosid, p-Cumarsäure, m-Cumarsäure, 2,3-Dihydroxybenzoesäure, Vanillinsäure, Protocatechusäure, 2,4,6-Trihydroxybenzoesäure, Gallussäure, Kaffeesäure, Coniferylalkohol- β -Glucosid, Chelidonsäure, Sapogenin und Saponin enthalten. Aus den Speicherwurzeln wurde Offinalismin I und II isoliert (KAWANO et al., 1977). WATZL und LEITZMANN (1999) weisen auf den hohen Gehalt an Tocopherolen im Spargel hin, die zu den bioaktiven Substanzen gezählt werden und biologisch dem Vitamin E nahe stehen. Vitamin A, B₁ und B₂, ebenso wie Aromastoffe (1,2-Dithiolan-4-Carbonsäure, deren Esther und 100 weitere Aromastoffe) sind in geringen Mengen in den Sprossen gefunden worden. Wegen zahlreicher biologischer Aktivitäten (z.B. antimikrobielle Eigenschaften) sind die Saponine im Spargel von wissenschaftlichem Interesse (SCHWARZBACH et al., 2004).

1.5 Qualitätskriterien

Die Vermarktung von Obst und Gemüse in unverarbeitetem Zustand erfolgt über EU-Qualitätsnormen auf der Grundlage der EG-Verordnung Nr. 2200/96 des Rates vom 28.10.1996 , geänderte Fassung vom 10.11.99 Verordnung (EG) Nr.2377/1999 über die gemeinsame Marktorganisation für Obst und Gemüse (Tab.2).

Diese Norm gilt für Spargel, der aus *Asparagus officinalis* L. hervorgegangenen Anbausorten zur Lieferung in frischem Zustand an den Verbraucher, Spargel für die industrielle Verarbeitung fällt nicht darunter. Bei der Vermarktung sind die festgelegten Mindesteigenschaften und die spezifischen Klassenkriterien einzuhalten.

Die Spargelstangen werden nach ihrer Färbung in vier Gruppen eingeteilt:

1. weißer Spargel;
2. violetter Spargel: der Spargelkopf muss eine rosa bis violett-purpurne und ein Teil der Spargelstange muss eine weiße Färbung aufweisen;
3. violett-grüner Spargel: Spargel mit teilweise violetter und grüner Färbung;
4. Grünspar gel: der Spargelkopf und der größte Teil der Spargelstange müssen eine grüne Färbung aufweisen.

Diese Norm gilt nicht für Grünspar gel und violett-grünen Spargel mit einem Durchmesser von weniger als 3 mm und für weißen und violetten Spargel mit einem Durchmesser von weniger als 8 mm, der in einheitlichen Bündeln oder Packstücken abgepackt ist.

II. Bestimmungen betreffend die Güteeigenschaften

Die Norm bestimmt die Güteeigenschaften, die Spargel nach Aufbereitung und Verpackung aufweisen muss.

Der Zustand des Spargels muss so sein, dass er

- Transport und Hantierung aushält und
- in zufrieden stellendem Zustand am Bestimmungsort ankommt.

Geschälter Spargel gilt als bearbeitetes Erzeugnis und unterliegt somit nicht den Vorschriften der EG-Vermarktungsnorm. Die Kennzeichnung einer Güteklasse ist daher für geschälten Spargel nicht zulässig. Für Fertigpackungen mit geschältem Spargel gelten daher die allgemeinen lebensmittelrechtlichen Kennzeichnungsanforderungen.

Tab. 2: Allgemeine Anforderungen der EU-Qualitätsnormen für Obst und Gemüse (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften.1999)

1. Begriffsbestimmung	Festlegung, für welches Erzeugnis (botanische Bezeichnung) die Norm gilt
2. Güteeigenschaften Mindesteigenschaften (gelten in gleicher Form für alle Klassen, Toleranzen z.T. für Kl. II)	<ul style="list-style-type: none"> • ganz, gesund, sauber • praktisch frei von sichtbaren Fremdstoffen • frei von: Schädlingen, Schäden durch Schädlinge, anomaler äußerer Feuchtigkeit, fremdem Geruch / Geschmack • sorgfältig gepflückt, genügend entwickelt und reif • Für Gemüse zusätzlich gilt grundsätzlich: -von frischem Aussehen
3. Klassenkriterien	
Klasse Extra	<ul style="list-style-type: none"> • Erzeugnisse von höchster Qualität • in Form, Entwicklung und Farbe alle sorten- und handelstypischen Eigenschaften, fehlerfrei • gerade Stangen mit weißen, unbeschädigten Köpfen, nicht holzig, nicht gespalten • Stärke: mindestens 12 mm
Klasse I	<ul style="list-style-type: none"> • leichte Fehler, die Aussehen, Qualität, Haltbarkeit und Aufmachung nicht beeinträchtigen, sind zulässig • gut geformte, bis leicht gebogene Stangen, weder erkennbar hohl, noch gespalten, feste geschlossene Köpfe, leichte rosa Färbung ist zulässig, nicht holzig • Stärke: mindestens 10 mm
Klasse II	<ul style="list-style-type: none"> • Erzeugnisse von marktfähiger Qualität • entsprechen nicht den Anforderungen der höheren Klassen, erfüllen aber Mindesteigenschaften, zulässig sind Fehler, sofern die wesentlichen Anforderungen an Qualität, Haltbarkeit und Aufmachung erfüllt werden • Stangen können weniger gut geformt sein • Köpfe können leicht geöffnet sein • leichte Färbung, auch grünlich, erlaubt • Stärke: mindestens 8 mm
4. Größensortierung	<ul style="list-style-type: none"> • Bestimmungen entsprechen der Art der Erzeugnisse und teilweise den Klassen • Für Obstarten sind Mindestgrößen festgelegt
5. Toleranzen	<ul style="list-style-type: none"> • bei Gütekriterien in Abhängigkeit von der Klasse max. 10% Abweichung • bei Größentoleranzen max. 10% Abweichung
6. Gleichmäßigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • der sichtbare Teil jeder Packung muss für den Inhalt repräsentativ sein
7. Aufmachung	<ul style="list-style-type: none"> • verschiedene Arten der Aufmachung ggf. bezogen auf die Klassen
8. Kennzeichnung	<ul style="list-style-type: none"> • Packer oder Absender, Erzeugnis oder Handelstyp, Ursprungsland, Klasse, amtli. Kontrollstempel

Für geschälten Spargel bestehen keine Qualitätsnormen, jedoch unterliegt das Convenience-Produkt während der stufenweisen Maßnahmen nach der Ernte wie Verarbeitung, Verpackung, Lagerung, Beförderung, Behandlung, Verteilung und Verkauf der Lebensmittelhygiene-Verordnung / Richtlinie 93 / 43 / EWG, geändert 2 / 98. Die Richtlinie enthält Hygienevorschriften für Lebensmittel und regelt die Überprüfung der Einhaltung der Vorschriften.

Die Vermarktungsnorm schreibt auch eine Längensortierung für weißen Spargel vor:

- a.) Spargelköpfe < 12 cm
- b.) Spargelstangen kurz 12 – 17 cm
- c.) Spargel der Klasse II, geschichtet im Packstück, nicht gebündelt: 12 cm
- d.) Spargelstangen lang: > 17 cm

Weißer und violetter Spargel dürfen maximal 22 cm, violett-grüner Spargel und Grünspargel maximal 27 cm lang sein.

Bei fest gepackten Bündeln darf der Längenunterschied zwischen den Spargelstangen höchstens 5 cm betragen.

Bei der Größensortierung nach dem Durchmesser ist der Durchmesser in der Mitte der Spargelstange maßgeblich.

Spargel kann geschichtet im Packstück, in fest gepackten Bündeln oder sonstigen Kleinpackungen vermarktet werden. Die gebräuchliche Konfektionierung mit Fußbänderolen ist rechtlich als "offene Packung" einzustufen, die allgemeinen lebensmittelrechtlichen Kennzeichnungsvorschriften finden daher Anwendung.

Spargel wird ausschließlich nach dem Gewicht vermarktet. Spargel- "Bündel" dürfen daher ebenso wenig wie Packungen mit Fußbänderole nach Stück oder Bund, sondern nur nach Gewicht gekennzeichnet und angeboten werden.

Gebrochene Spargelstangen, Stangen ohne Köpfe, Stangen mit Untermaß, etc. sind nach der Norm nicht zur Frischvermarktung zugelassen und dürfen gewerbsmäßig nicht angeboten werden. Ausgenommen von diesem Verbot ist lediglich die Direktvermarktung ab Hof des Erzeugers zur direkten Abgabe an den Letztverbraucher.

EU-Qualitätsnormen gelten nur für frische Produkte. Ziel ist die Beurteilung des Marktwertes, Vereinfachung des internationalen Handels, Verbraucherschutz, Garantie für Produktqualität und Markttransparenz.

Die visuelle Kontrolle von frischem Gemüse ist die erste und wichtigste Qualitätsbeurteilung durch den Käufer, sei es beim Erzeuger, Groß- oder Einzelhandel. Das Aussehen ist der kritischste Faktor in der Kette der Faktoren, die zum Kauf des Pro-

dukts führen (MITCHAM, 1998). Weitere wichtige Faktoren bei der visuellen Kontrolle durch den Kunden sind gleichmäßige Form und Ausprägung charakteristischer morphologischer Eigenschaften. Bezüglich des Spargels werden missgestaltete und nicht der allgemeinen Größennorm entsprechende Produkte vom Käufer gemieden, da dünne Stangen viel Schälabfall ergeben und zu dicke Stangen oft hohl oder über Gebühr starke Verholzungen am Schaft und ein abgeschwächtes Aroma haben (HARTMANN, 1989). Die Faserigkeit oder der Grad der Verholzung ist, neben anderen Faktoren, von der Bodentemperatur abhängig, hierzu wurden von SCHEER (2002) erstmals grundlegende quantitative Zusammenhänge zwischen der Bodentemperatur und der Gewebefestigkeit, sowie texturrelevanten Inhaltsstoffen unter definierten Temperaturbedingungen beobachtet.

Im Folgenden wird auf die Qualitätskriterien von weißem Spargel näher eingegangen, da in Deutschland mehr Bleichspargel als Grünspargel verzehrt wird und weißer Spargel in vorliegender Untersuchung Gegenstand der Betrachtung ist. Durch intensiven Stoffwechsel und nicht physiologisch angepasste Lagertemperaturen nach der Ernte können sich auch Geschmack und wertgebende Inhaltsstoffe verändern (WEICHMANN, 1987). Dieses könnte besonders für gelagerten Convenience-Spargel zutreffen, der durch das Schälen einem besonderen Stress unterliegt und eine hohe Respirationsrate aufweist. Beim Geschmack spielen die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe, als auch die Quantität der einzelnen Komponenten eine Rolle. Die Zahl der für den Geschmack und das Aroma des Spargels wichtigen Einzelkomponenten ist noch nicht mit letzter Sicherheit bekannt (HOBERG et al., 1998). Wünschenswert wäre in diesem Zusammenhang eine instrumentell-analytische, nicht destruktive Methode, mit der sich Veränderungen der inneren Qualitätsparameter in Korrelation mit äußeren Veränderungen erfassen ließen (HUYSKENS-KEIL, 2003).

1.6 Transpiration und Respiration

Von den äußeren und inneren Oberflächen der Pflanzen verdunstet Wasser, wenn sie mit Luft in Berührung kommen. Bei den höheren Pflanzen sind das die Epidermisaußenwände und die innere Beschaffenheit des Interzellularsystems (Heß, 1999). Es gelten die allgemeinen Gesetze der Diffusion. Alle Außenfaktoren, die die relative Luftfeuchtigkeit verändern (z.B. Erwärmung der Luft bei Sonneneinstrahlung, Einstrom trockener Luftmassen), verändern auch die Intensität der Transpiration. Die Pflanzen können die Wasserdampfabgabe durch Diffusionswiderstände herabsetzen

und innerhalb bestimmter Grenzen regulieren. Eine Herabsetzung der Wasserdampfabgabe erfolgt durch unterschiedlich starke Cutinisierung der Oberflächen, insbesondere der Epidermis. Bei Pflanzen ist die cutikuläre Transpiration nur gering. Für den Wasserhaushalt der Pflanzen entscheidend ist die Transpiration durch die Stomata. Nur sie kann von der Pflanze über die veränderbare Öffnungsweite der Stomata aktiv reguliert werden. Bei wachsenden Organen, die noch keine Blätter entwickelt haben, beruht der Transpirationssog auf dem positiven Druck, der im Gefäßsystem der Wurzel entwickelt wird. Dieser Wurzeldruck entwickelt ca. 1 bar Druck. Er kommt vermutlich dadurch zustande, dass von den Zellen des Zentralzylinders aktiv Ionen in die Gefäße transportiert werden, die das Wasserpotential so stark erniedrigen, dass Wasser nachgesogen wird (JACOB et al., 1994).

Nach der Ernte ist die Transpiration verantwortlich für Wasserverlust, Mazeration der Zellwände und setzt den Prozess schnell einsetzender Seneszenz in Bewegung (BEN-YEHOSHUA, 1987). Unterschiedliche Gemüseprodukte variieren stark in ihrer Reaktion auf Wasserstress, so ist Spargel bei einem Wasserverlust von 8 % (bezogen auf die Frischmasse) nicht mehr vermarktungsfähig (WEICHMANN, 1987). KADER (1997) nennt die Transpiration nach der Ernte als Hauptgrund für Nachernteverluste, besonders bei Blattgemüsen, wie z.B. Spinat (*Spinaca oleracea* L.), Kopfsalat (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) und Rosenkohl (*Brassica oleraceae* L. var. *gemmifera* DC.). Die Transpiration der Ernteprodukte ist direkt abhängig von der relativen Luftfeuchtigkeit und diese wiederum von der Temperatur, die die Wasserdampfhaltefähigkeit der Umgebungsluft bestimmt. Die SI (System International)-Einheit, um das Wasserdampfdefizit auszudrücken ist Pascal (N / m^2). Der atmosphärische Druck beträgt bei $20^\circ\text{C} = 101325 \text{ kPa}$. Das Wasserdampfdefizit ist die Differenz zwischen dem atmosphärischen Druck und dem Wasserdampfgehalt der Umgebungsluft. BEN-YEHOSHUA (1987) gibt für Spargel bei 10°C Lagertemperatur eine relative Luftfeuchtigkeit von 60-75 % an. Damit wird der Wasserverlust auf $3,6 \% \cdot \text{d}^{-1}$ begrenzt.

Aber nicht nur Lagertemperatur und Transpiration von Spargel sind direkt miteinander verknüpft, sondern die Oberflächenstruktur des Produktes übt zusätzlich Einfluss auf die Transpiration aus. So können Wachsaufgaben oder vertieft in die Cuticula eingebettete Stomata oder Lentizellen vor Wasserverlust schützen. Stomata sind für Früchte nachgewiesen, außer Weintrauben, Blaubeeren und Tomaten (WEICHMANN, 1987), ebenso Lentizellen, die nach dem Funktionsverlust der Stomata den Gasaus-

tausch zwischen dem Pflanzengewebe und der Atmosphäre übernehmen. Form und Anzahl der Lentizellen variieren stark von Produkt zu Produkt. Über die Anzahl der Stomata, Lentizellen und Dicke der Wachsauflagen der Cuticula bei Spargel können hier keine Angaben gemacht werden. VAN DEN BERG (1987) berichtet, dass es zwischen der Dicke der Cuticula und der Transpiration keinen direkten Zusammenhang gibt, dass jedoch die chemische Zusammensetzung und die Struktur Einfluss darauf ausüben. Ferner hat er daraufhin gewiesen, dass das Verhältnis von Oberfläche zu Inhalt eines Produktes entscheidend die Transpiration beeinflusst: so hatten lange, dünne Möhren höhere Transpirationsverluste, als dicke zylindrisch geformte. Er fand, dass die Transpirationsrate bei runden Früchten wie z.B. Äpfeln, Orangen und Wassermelonen proportional zur Oberfläche war. Betrachtet man die lang gezogene, dazu relativ dünne Spargelsprosse, so kann angenommen werden, dass das Verhältnis von Oberfläche zu Inhalt ungünstig ist. Weitere Forschungen sollten Klarheit darüber schaffen, wieweit Transpirationsverluste von nicht geschältem und geschältem Spargel auf das Verhältnis von relativer Luftfeuchte zu Temperatur zurückzuführen sind.

Die Frischmasse des Spargels setzt sich aus 93,6 % Wasser, 1,9 % Protein, 0,14 % Fett, 1,3 % Kohlenhydrate, 1,47 % Ballaststoffen und 0,62 % Mineralstoffen zusammen, den Rest bilden Carotinoide, Vitamine und Tocopherole (SOUCI et. al., 1989). Frischmasseverluste werde bei Spargel nicht nur durch differierenden Wasserdampfdruck von Interzellularräumen zur Umgebungsatmosphäre verursacht, sondern auch durch dissimilatorische Vorgänge bei der Atmung (JACOB et al., 1994; HEB, 1999; STRASBURGER, 1987). Die Atmung hat zwei Komponenten: die Aufnahme von O_2 und die Abgabe von CO_2 . Hierbei hängt die Intensität der Atmung von einer Vielzahl äußerer und innerer Faktoren ab, wie z.B. von Stressreaktionen nach Verwundung, Frostschädigung, Infektionen und ist von Pflanze zu Pflanze variabel. Die Höhe der Respirationsrate ist abhängig von der Intensität des Energiestoffwechsels und hängt mit dem Entwicklungsstadium des geernteten Pflanzenteils zusammen, sie ist im Allgemeinen hoch im juvenilen und niedrig im seneszenten Stadium. Spargel, der im Zustand der wachsenden Sprosse geerntet wird, weist demzufolge hohe Respirationsraten auf. CANTWELL (1999) beobachtete bei 5°C Lagertemperatur für geschälten Spargel eine Respirationsrate von $40 \text{ ml } CO_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Wird Spargel in Folien verpackt, verändert sich die Gaskonzentration in der Folie (MAP) und das Produkt ist zusätzlichem Stress ausgesetzt, mit der Folge, dass die Gerüstkohlenhydrate Veränderungen unterworfen werden. WALDRON und SELVENDRAN (1990) beobachteten

bei Spargel, der in PVC-Folie verpackt war, niedrige Sauerstoffkonzentration (weniger als 2 %) und hohe Konzentration von Kohlendioxid (mehr als 5 %), die mit einem Anstieg von Glucose und Cellulose verbunden war. Bei Lagerung (21 % O₂) stiegen Lignin, Xylane (Hemicellulose) und Cellulose signifikant an.

KADER (1999) teilte Gemüsearten in fünf verschiedene Respirations-Klassen ein, je nach der produktspezifischen Respirationsrate, die in ml CO₂ * kg⁻¹ * h⁻¹ angegeben wird (Tab.3).

Tab. 3: Klassifikation von Gemüsearten gemäß ihrer relativen Respirationsrate
(ml CO₂ * kg⁻¹ * h⁻¹)

Klasse	Respirationsrate (5°C Lagertemperatur) (ml CO ₂ * kg ⁻¹ * h ⁻¹)	Gemüseart
Sehr niedrig	< 5	Kartoffel, Zwiebel, Knoblauch
Niedrig	5 - 10	Karotte, Sellerie, Gurke
Moderat	10 - 20	Blumenkohl, Blattsalat, Okra
Hoch	20 - 30	Artischocke, Spinat, Rosenkohl
Sehr hoch	> 30	Spargel, Brokkoli, Champignon

Um Frischmasseverluste zu vermeiden, muss aufwändigste Technik bei Spargel eingesetzt werden (THOMPSON, 1999). Nach dem Stechen sollte der erntefrische Spargel möglichst bald in eine Kühllagerung gebracht werden. Ein Waschen in kaltem Wasser und Abkühlung auf wenigstens 12°C sind zur Qualitätserhaltung unerlässlich. Eine relative Luftfeuchte von 85 – 95 % sollte bei der Lagerung nicht unterschritten werden, da Spargel bei >8 % Frischmasseverlust nicht mehr vermarktungsfähig ist (CANTWELL, 1999).

1.7 Farbe

Spargelstangen werden für die Vermarktung nach ihrer Färbung in vier Gruppen eingeteilt: weißer, violetter, violett-grüner und grüner Spargel.

Weißer Spargel (Bleichspargel) wird seit 1830 durch einen durchgehenden Erdwall (Bifang) erzeugt, der die wachsende Sprosse vor dem Sonnenlicht schützt. Bei Lichteinwirkung färben sich die Spargelspitzen des Bleichspargels durch Anthocyan schnell violett. Auch tiefe Bodentemperaturen, 18°C Unterbodentemperatur und

10°C Dammoberflächentemperatur, können unerwünschte bräunliche Farbveränderung der Spargelstangen hervorrufen (SCHMIDT et al., 2004).

Violetter Spargel wird wegen seines feinen, im Vergleich zum Bleichspargel minimal kräftigeren und würzigeren Geschmacks besonders in Frankreich geschätzt. Violetter Spargel wird gestochen, wenn die Spargelspitze die Erdoberfläche schon leicht durchbrochen hat, die übrige Spargelstange muss aber eine gleichmäßig weiße Färbung aufweisen.

Bei violett-grünem Spargel zeigen die Köpfe und die Stangen teilweise grüne und violette Partien (BOONEN, 2001), die Verfärbungen sind sortenabhängig.

Zur Gewinnung von Grünspargel werden besondere Sorten angebaut. Daher sind beim grünen Spargel die Stangen dünner und man braucht auch nur das untere Drittel der Stangen zu schälen. Der Geschmack der besonders zarten Stangen ist etwas herzhafter, kräftiger und würziger (HOBERG, 1998). Grünspargel wächst weitgehend über der Erde und verfärbt sich auf seiner ganzen Länge grün. Geerntet wird Grünspargel, wenn er etwa 20-25 cm aus der Erde herausgewachsen ist.

Obwohl von unterschiedlicher farblicher Ausprägung, treten nach der Ernte bei allen zuvor genannten Spargelsorten an den Schnittstellen bei unsachgemäßer Lagerung oft schmutzig-braune Farbveränderungen auf, die auf oxidative Verbräunung zurückzuführen sind. Hierbei verändert der hinzugetretene Luftsauerstoff das Enzym Polyphenoloxydase (PPO), so dass braune Farbpigmente entstehen (GORNY, 1998).

Bleichspargel zeigt unerwünschte zart violette oder rosa Verfärbungen auch durch zu lange Lagerung im Eiswasser (GORNY, 1999; SCHOCKERT, 1993; BROCKES, 1980). Der gelblichen Verfärbung bei der Zubereitung von Bleichspargel durch den Siedeprozess kann begegnet werden, indem dem Kochwasser Zitronensaft (HELMHOLZ, 1999) hinzugefügt wird.

1.8 Textureigenschaften

Die in vorliegender Arbeit als Textur bezeichnete Eigenschaft der Spargelstangen, hier als mechanische Eigenschaften wie Elastizität oder Steifigkeit definiert (HERPPICH, 2005), differiert von der in der Biologie verwendeten Definition "Textur". In der pflanzenphysiologischen Literatur wird Textur als Netzwerk von Cellulose-Mikrofibrillen in der Primär- und Sekundärwand pflanzlicher Zellen mit unterschiedlicher Streichrichtung beschrieben (HEß, 1999). In der Primärwand sind Cellulosefibrillen in eine Matrix aus Hemicellulosen, Pectinstoffen und Zellwandprotein eingelagert.

Die Sekundärwand wird während der Entwicklung der Pflanze mit Lignin inkrustiert und trägt zur Stabilität der Zellwand bei. Die Zellwand lebender Pflanzen bestimmt die Richtung und das Tempo der Zellentwicklung. Die Pflanzenzellwand unterliegt während ihrer Entwicklung biochemischen Einflüssen und wird laufend verändert (CARPITA und MCCANN, 2000). Aber auch nach der Ernte wird die Textur des Spargels durch die Stoffwechselaktivitäten innerhalb der Sprosse während der Lagerung verändert, da Pektine und Cellulose, die Grundbestandteile der quaderförmigen Zellschicht der Epidermis starken Ab- und Umbauprozessen unterworfen sind. Die molekulare Zusammensetzung und Anordnung der Zellwandpolymere differiert in den Regionen der Zellwände von Spargel. WALDRON UND SELVENDRAN (1990) fanden innerhalb des Spargelsprosses Regionen mit unterschiedlichen Zellverbänden und chemischer Zusammensetzung. So waren die Gewebe des Zentralzylinders und der Epidermis relativ arm an Xylose, aber reich an Glucose, Pectinstoffen, Galactose und Arabinose. Der Sklerenchymring wies überwiegend Xylose und Glucose auf, während das Gewebe zwischen Sklerenchymring und Zentralzylinder (Parenchym) durch signifikant hohe Gehalte von Pectinstoffen, Cellulose, Hemicellulose und Xylan gekennzeichnet war. In allen Geweben wurden signifikante Gehalte von Xyloglucanen gefunden.

Die Primärwand der Zellen, die erste zelleigene Wandschicht, enthält in ihrer unstrukturierten, gallertig gequollenen Grundsubstanz Pectinsubstanzen, Hemicellulose und Proteine. Kennzeichnend für Pectinsubstanzen ist, dass sie leicht wasserlöslich sind und als Gele vorliegen können. Auch in Zellsäften können sich Pectinstoffe befinden, bekannter aber ist ihr Vorkommen in der Mittellamelle und in den Primärwänden (HEß, 1999). Unter Pectinstoffen versteht man die β -1,4-Galacturonsäure und ihre Derivate: das Pectin, die Pectinsäure und das Protopectin. Pectin gehört zur Gruppe der Polysaccharide, d.h. es sind mehr als 10 Monomere am Aufbau des Moleküls beteiligt. Als Kohlenhydrat polymerer Form dient es als Gerüstsubstanz. Im Pectinmolekül sind die Carboxylgruppen der Galacturonsäurereste teilweise mit Methanol verestert. Die Pectinsäure besteht aus unverzweigten Ketten von α -1,4-glycosidisch verknüpften D-Galacturonsäuren. Das Protopectin enthält in den Galacturonsäureketten auch Rhamnose eingebaut und es treten Verzweigungen auf, an denen verschiedene andere Zucker und Zuckersäuren beteiligt sind. Die COOH-Gruppen sind teilweise methyliert. An der Verzweigung der Protopektine sind auch Doppelsalzbildungen mit Ca^{2+} und Mg^{2+} beteiligt.

Ein weiterer wichtiger Baustein des Gerüsts von Pflanzen ist die Cellulose. Sie zählt zu den wichtigsten Strukturpolysacchariden der Pflanzen (STRASBURGER, 1987). Mehr als die Hälfte des organisch gebundenen Kohlenstoffs der Biosphäre liegt als Cellulose vor. Es sind unverzweigte Ketten, in denen bis zu 15000 Glucosereste β -1,4-glycosidisch verbunden sind. In der Zellwand lagern sich die gestreckten Glucoseketten zu übergeordneten fibrillären Strukturen zusammen, die durch H-Brücken stabilisiert werden (JACOB et.al., 1994). In diese Celluloseketten kann Lignin eingelagert werden, es bewirkt die Versteifung der Zellwand. Lignin gehört zu den wichtigsten Biopolymeren. Man versteht darunter solche Moleküle, die aus Monomeren bestehen und ein höheres Molekulargewicht als 5000 – 10 000 Dalton besitzen. Lignin gehört in die Gruppe der Phenole und zum Sekundärstoffwechsel der Pflanzen (JACOB et al., 1994). In der untersten Zellschicht der Rinde, der Endodermis, lagern sich erst Suberine, später auch Lignine an. Der Perizykel, ein peripherer Teil des Leitzylinders verholzt aufgrund seiner Stützfunktion von der Basis des Spargelsprosses her mit abnehmender Intensität nach oben (FRANKE, 1987). Die Verholzung beginnt in dieser Zellschicht und setzt sich nach innen fort. So entsteht der typische Sklerenchymring. Dieser lignifiziert zuerst und kann abgeschält werden. Lignin wird stets in das Cellulosegerüst der Zellwand eingelagert und zwar in die größeren interfibrillären Räume der Primär- und Sekundärwände, sowie auch in die Mittellamellen. Die Grundsubstanz der Zellwände wird im Laufe der Pflanzenentwicklung durch Lignin verdrängt, die Pflanze erhält hierdurch die Festigkeit ihres Gerüsts bei gleichzeitiger Verringerung ihrer Elastizität. Außerdem führt dieser Prozess zum Absterben der betreffenden Zellen, deren Permeabilität für Wasser und kleinmolekulare Substanzen aber nicht völlig unterbunden wird. Dort, wo eine vermehrte Ligninsynthese zu beobachten ist, sind auch die Enzyme β -Glucosidase und Peroxidase nachzuweisen (BILLAU, 1986). Im Laufe der weiteren Entwicklung des Spargels verholzen auch die Xylemelemente.

Bei den Hemicellulosen handelt es sich um eine schlecht definierte Gruppe von polymeren Zellwandbestandteilen. Schon der Name könnte irreführen, denn er geht darauf zurück, dass man früher annahm, es handele sich um Vorstufen in der Biosynthese von Cellulose, also um halbsynthetisierte Cellulose. Das ist jedoch nicht der Fall. Das Bauprinzip ist eine Hauptkette von 1,4-glycosidisch verknüpften Kohlenhydraten, an der Seitenketten über 1,3 oder 1,6-glycosidische Bindungen ansetzen können (HEß, 1999). Für den Verbraucher zeigt sich am Schnittende der Spar-

gelsprosse bei längerer Lagerung eine feste teils verholzte (Einlagerung von Xylan), teils verkieselte (Einlagerung von Siliziumoxid) oder teils verkorkte (Einlagerung von Suberin) Zellschicht, aus der sich keine Zellflüssigkeit ausdrücken lässt (BRAUNE et al., 1979). Dieses ist ein Kennzeichen dafür, dass diese Spargelsprossen nicht produktgerecht gelagert wurden.

WALDRON UND SELVENDRAN (1990) untersuchten die Textur von Spargelstangen, die unter MAP - Bedingungen einen Tag bei 8°C und weitere zwei Tage bei 21°C gelagert wurden. Hierbei stellten sie fest, dass der gelagerte Spargel einer signifikant hohen Veratmung von Kohlenhydraten unterlag, die mit einer zunehmenden Lignifizierung der Stangen einherging.

1.9. Kohlenhydrate

Bei der lebenden Pflanze unterliegt der Gesamtstoffwechsel anabolen und katabolen Reaktionen und ist als Einheit im jeweiligen Entwicklungsstand zu sehen. In der Nacherntephase überwiegen die Abbauprozesse, da entweder die Assimilation der oberirdischen Pflanzenorgane oder, wie beim geernteten Spargel, die Nachlieferung aus den Speicherorganen gestört ist (WEICHMANN, 1997). Dieser Prozess ist von endogenen Faktoren abhängig, wie Menge und Aktivierung der noch verfügbaren Inhaltsstoffe, Respirationsrate und von exogenen Faktoren, wie Temperatur, Zusammensetzung des umgebenden Gasgemisches und der relativen Luftfeuchte (KADER, 1999).

In den fleischigen Rhizomen der Spargelpflanze wird nach der Vegetationsperiode Zucker als Reservekohlenhydrat in Form von Stärke festgelegt. Zur Aufrechterhaltung des Energiestoffwechsels muss die Stärke mobilisiert und in die Transportform Saccharose überführt werden. Die Saccharose ist aus Glucose und Fructose aufgebaut und das wichtigste Disaccharid höherer Pflanzen. An der glycosidischen Bindung beteiligen sich die glycosidischen Hydroxyle beider Zucker, das an C-Atom 1 der Glucose und das an C-Atom 2 der Fructose. Folge dieser Festlegung beider glycosidischer Hydroxyle ist, dass die Saccharose zu den nicht-reduzierenden Zuckern gehört. In den hier untersuchten Spargelsprossen konnte Saccharose nachgewiesen, Stärkegehalte wurden nicht untersucht. Jedoch berichten (WALDRON UND SELVENDRAN, 1990), dass die von ihnen untersuchten Spargelstangen frei von Stärke waren.

Beim Abbau der wichtigsten Speicherstoffe und der Gewinnung der in ihnen festgelegten chemischen Energie lassen sich drei Phasen erkennen: in der ersten Phase werden die Makromoleküle in ihre Bausteine zerlegt und es wird keine verwertbare Energie freigesetzt. Proteine werden in Aminosäuren, Fette in Glycerin und Fettsäuren und Kohlenhydrate werden in Monosaccharide zerlegt. In der zweiten Phase wird die Vielzahl der Monomere in Acetateinheiten und in die zwei Ketosäuren Oxalacetat und α -Ketoglutarat gespalten. Die dritte Phase ist die gemeinsame Endstufe der Oxidation aller Stoffe und liefert den Hauptanteil an ATP-Energie aerober Zellen: der Citrat-Cyclus und die Atmungskette (BELITZ und GROSCH, 1992).

Der dominierende Abbauweg für Glucose zum Pyruvat (Brenztraubensäure) ist die Glycolyse. Im anschließenden Citrat-Cyclus wird das Pyruvat in den Mitochondrien der Zelle vollständig zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert. Der Durchsatz durch die Glycolyse kann nur dann kontinuierlich erfolgen, wenn aerobe Bedingungen vorliegen. Anaerobe Bedingungen verhindern die Übertragung des Wasserstoffes auf Sauerstoff, er wird auf organische Wasserstoffionen übertragen. Die Verbindungen werden dadurch reduziert und als Gärungsprodukte oft in großen Mengen ausgeschieden (JACOB et al., 1994).

Alle Stoffwechselvorgänge werden von einer Vielzahl von Enzymen katalysiert, deren Aktivität temperaturabhängig ist. Generell wird durch tiefe Temperaturen der Stoffwechsel verlangsamt (van't Hoff'sche Gesetz).

1.10 Pilzinfektionen

Die frisch geerntete Spargelsprosse ist mit Bodenpartikeln und demzufolge auch mit Mikroorganismen behaftet und muss mit Trinkwasser gewaschen werden. Nicht alle Mikroorganismen werden vom Waschwasser weggespült, sondern können in ungünstigen Fällen, wenn das Wasser nicht rechtzeitig gewechselt wird, über die gesamte Partie verteilt werden. Sorgfältiges waschen und hygienisches Schälen, möglichst maschinell, und sofortiges Verpacken des Convenience-Produktes sind unabdingbare Forderung (HACCP). Eine Desinfektion der Spargelstangen, für Spargel mit 100-150 ppm chlorierten Wassers (SUSLOW, 1997), wie in USA praktiziert, ist in Deutschland nicht zugelassen. So besteht bei nicht desinfizierten geschälten Spargelstangen die Möglichkeit der Besiedlung des Substrates mit schnell wachsenden Pilzen. Die Ausscheidungen von Abprodukten des Sekundärstoffwechsels der Pilze in das besiedelte Substrat umfassen möglicherweise Antibiotika, Pigmente, Enzyme,

organische Säuren und Mykotoxine. Letztgenannte sind in neuerer Zeit Gegenstand vieler öffentlicher Diskussionen, da die Einflussfaktoren auf die Mykotoxinbildung weitgehend unbekannt sind. Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass diese die Ernteprodukte belasten können und es bei deren Verzehr durch Mensch und Tier zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen kommen kann. Die FAO schätzt, dass weltweit ca. 25 % der Weltproduktion von Lebens- und Futtermitteln mit Mycotoxinen kontaminiert sind (FAO, 1996). Zum Teil sind irreparable Schäden oder im Extremfall tödliche Vergiftungen durch Mykotoxine möglich (WEIDENBÖRNER, 1999). In der Europäischen Gemeinschaft existiert eine Höchstmengenregelung für die Aflatoxine M₁, B₁, B₂, G₁, G₂, Deoxynivalenol, Zearalenon und Ochratoxin A. Die Summe der Fumonisine B₁ und B₂ in Maiserzeugnissen (ausgenommen Cornflakes) darf 500 µg / kg und in Cornflakes 100 µg / kg nicht überschreiten (Bundesministerium für Gesundheit, 2004). Fumonisine werden von der Pilzart *Fusarium proliferatum* gebildet. Da *Asparagus officinalis* L. zum Wirtspflanzenspektrum der bodenbürtigen Pilzarten *Fusarium proliferatum* und *Fusarium oxysporum* (Fumonisin C-Bildner) gehört, die als Mykotoxinbildner eingestuft sind (GOßMANN, 2004; KOLB, 1996; SEIFERT, 2004; ROSNER, 2001), besteht hier Forschungsbedarf.

1.11 Qualitätssicherung

Frischmarktprodukte, wie Obst und Gemüse, werden derzeit aus unterschiedlichen Gründen zunehmend verpackt angeboten, insbesondere werden verbraucherfreundliche Convenience-Produkte portionsweise in Folienverpackungen oder in Foodtainer mit diversen Siegelfolien angeboten und erfreuen sich steigender Nachfrage seitens der Verbraucher (HUYSKENS-KEIL et al., 2004). Das Convenience-Produkt Spargel, gekennzeichnet durch hohe Stoffwechselaktivität und damit verbundene Qualitätsverluste, bedarf besonderer Sorgfalt bei der Auswahl der Verpackung und der sachgerechten Lagerung. Aber auch der Kurzzeitlagerung von nicht geschältem Spargel galt in den letzten Jahren das Interesse der Anbauer und Vermarkter, hauptsächlich, um die Erntemengen zu steuern, die durch starke Anbauausweitung in den namhaften Spargelanbaugebieten zu einem Preisrückgang führten. Im Vergleich zu 2001 lag die Erntemenge im Jahre 2002 um 7,7 %, die erzielten Einnahmen aber nur um ca. 7 % höher (ALLOFS, 2003). Eine sich anschließende wichtige Maßnahme in der Reihe der Schritte zur Qualitätssicherung ist die Wahl der Lagertemperatur, da jedes zu kühlende Produkt seine spezifische Anforderung an die Temperatur und die damit

verbundene Luftfeuchte stellt. KADER (1999) unterscheidet bei Gemüsearten zwischen "non-chilling sensitive commodities" (0,5 - 2,5°C) und "chilling sensitive commodities" (8 – 14°C). BÖTTCHER (1996) stellte dagegen einen schnellen Qualitätsabbau bei Spargel fest, der einer Lagertemperatur von weniger als 2,5°C ausgesetzt war, und auch WEICHMANN (1997) berichtet von Kälteschäden an Spargel bei einer Lagertemperatur zwischen 0,5°C und 2°C. HERPPICH et. al. (2005) beobachteten eine kälteinduzierte elastische Anpassung des Spargels bei Kaltlagerung (0°C), während sich bei Lagertemperaturen von 5°C und 10°C diese Reaktion nicht beobachten ließ. Zu erwähnen sind hierbei die im Spargel befindlichen temperaturabhängigen metabolisch aktiven Proteine (Enzyme und Regulatorproteine) und die Speicherproteine. Letztere sind Bestandteile der Zellwände von Pflanzen und können über Quellungsvorgänge den Wasserhaushalt der Zellen regulieren. An Maiswurzeln beobachteten WU und COSGROVE (2000) Zellwandveränderungen aufgrund erhöhter Enzymtätigkeit von XET (Xyloglucan-Endotransglycosylase) bei geringem Wasserpotential (Ψ_w).

Um größere Erntemengen feldwarmen Spargels herunterzukühlen, bedarf es spezieller Vorkühlvorrichtungen. Angewendet werden in der Hauptsache drei Verfahren: Crash-Eis-Kühlung, Eiswasser-Berieselungsanlagen und Vakuum-Kühlung. Welches Verfahren zur Anwendung kommt, wird von der Menge des anfallenden Spargels und von den betrieblichen ökonomischen Möglichkeiten abhängen. Für Convenience-Spargel besteht eine Besonderheit: er darf vor dem Schälen nicht gekühlt werden, da die kalten Stangen spröde werden und in den Schälmaschinen leicht zerbrechen. Nach dem Schälen ist jedoch schnelle Kühlung geboten, da die Respirationsrate auf Grund des Verletzungsgrades der Sprosse steil ansteigt. Der Einsatz aller qualitätserhaltenden Maßnahmen ist nur dann sinnvoll, wenn die Kühlkette bis zum Verbraucher nicht unterbrochen wird (JUNKER, 2003).

Die Qualitätserhaltung nach der Ernte von Spargel im Allgemeinen und für Convenience-Spargel im Besonderen hängt von folgenden Voraussetzungen ab (MITCHELL, 1999): schnelles Kühlen des Erntegutes, schnelle produktgerechte Aufbereitung, produkt-, temperatur- und lagergerechte Größe der Verpackungseinheit, Verwendung produkt- und lagergerechter Folien und einer Online-Kühlkette.

Eine wichtige Maßnahme zur Qualitätssicherung ist die produktgerechte Verpackung. Hier kommen nicht nur Verpackungsmaterialien, sondern auch Oberflächenüberzüge für das Erntegut aus den unterschiedlichsten Materialien zum Einsatz. Zum Beispiel wurden die Ernteprodukte mit einer Wachsschicht überzogen (in Deutsch-

land bisher verboten). Die Entwicklung von *Penicillium* spp.s konnte mit dieser Methode erfolgreich eingedämmt werden (RODOV et al., 2000).

Neben den traditionellen Qualitätsvorstellungen für Nahrungsmittel wie Marktwert, Eignungswert, Genusswert und Gesundheitswert (CARLE, 1999), hat sich der Qualitätsbegriff bei Obst und Gemüse in den letzten Jahren stark gewandelt (HUYSKENS - KEIL und SCHREINER, 2003). Heute gewinnen psychologische, ökologische und ideelle Werte an Bedeutung und der Qualitätsbegriff muss weiter gefasst werden, zudem haben neue ernährungsphysiologische Erkenntnisse in der Gesellschaft zu einer Veränderung des Ernährungs-, Gesundheits- und Umweltbewusstseins geführt und Gen Food, Functionel Food, und besonders Convenience Food haben sich einen festen Platz im Bewusstsein des Verbrauchers erobert. In den USA verzeichneten die Hersteller von Convenience-Produkten schon seit etwa 1980 steigende Umsätze, 1998 allein im Bereich Obst und Gemüse 6-8 Mrd. US \$ (COOK, 1999). Amerikanischen Untersuchungen zufolge waren 1998 die Hauptgründe für die Zunahme von küchenfertig zubereitetem Gemüse in der Änderung der gesellschaftlichen Struktur zu suchen. Danach betrug 1965 die aufgewendete Zeit für eine Hauptmahlzeit noch zwei Stunden, während 1997 von 100 erwachsenen US-Bürgern 50 % nicht bereit waren, mehr als 45 Minuten für die Zubereitung einer Mahlzeit zu verwenden.

Eine Reihe von Innovationen bei Zubereitung, Verpackung und Qualitätsmanagement von Convenience-Produkten ließen die Produkte für Verbraucher zunehmend interessanter werden (GARRETT, 1999). Gleichzeitig fand aber auch eine Sensibilisierung des Verbrauchers nicht nur gegenüber unerwünschten Qualitätsveränderungen, sondern auch sensorischer und ernährungsphysiologischer Natur statt (HUYSKENS - KEIL, 2003). Das zeigen auch eine Reihe von neuen und / oder überarbeiteten Gesetzen, die durch zunehmende Forderungen der Verbraucher im Hinblick auf die Lebensmittelsicherheit in Kraft getreten sind, unter vielen anderen das HACCP-Konzept. Dieses besagt, dass bei Herstellung, Behandlung und Verarbeitung, Transport, Lagerung und Verkauf von Lebensmitteln hygienische Maßnahmen einzuhalten sind, die Erkrankungen des Menschen nach Verzehr von Lebensmitteln ausschalten (FAO / WHO, 1996). Allgemein werden die Nachernteverluste in der Gemüseproduktion auf 10-50 % (KOLB, 1996) geschätzt. Sie sind besonders bei Ernteprodukten aus natürlichen Böden auf Mikroorganismenbefall zurückzuführen.

Eine Gruppe der Mikroorganismen, bodenbürtige Pilze, verursachen u.U. endogenes Pilzwachstum in den Spargelstangen, da sie einerseits schon zu Beginn der Pflan-

zenentwicklung durch infizierte Samen vorhanden oder über die Öffnungen der Wurzelhaare in die empfindlichen Spargeljungpflanzen eindringen können, und andererseits während der Stechsaison an den Schnittstellen der Spargelstangen weit offene Eintrittspforten finden (WEIDENBÖRNER, 1999).

Zu den technologischen Verfahren zählt der Einsatz von Folienverkaufsverpackungen, der für Convenience-Produkte, z.B. geschälten Spargel, vorgeschrieben ist (UNTERMANN, 1996). Weit verbreitet ist das Einschweißen des Produkts in spezielle Folienbeutel, -trays oder -behälter, so genannte Foodtainer, die dann das Produkt über eine kurze Spanne der Lagerung, möglichst ohne Qualitätseinbußen, bis zum Verbraucher verzehr- oder küchenfertig halten sollen. Folienverpackungen sind nicht nur ein mechanischer und hygienischer Schutz, sondern stellen auch ein Marketing Element dar (HUYSKENS-KEIL, 2004). Eine besondere Herausforderung an die Verpackungsindustrie und Vermarkter ist die produktgerechte Kurzzeitlagerung von Convenience-Spargel, d.h. küchenfertig aufbereitetem Bleichspargel, *Asparagus officinalis* L. Die Spargelsprosse ist in geschältem Zustand hoch stoffwechselaktiv und, durch relativ große ungeschützte Angriffsflächen für Mikroorganismen, leicht verderblich. Folien schützen das Produkt vor unerwünschten Umweltkontaminationen, üben aber auch Einfluss auf Qualität und Haltbarkeit des Produktes aus. In Verbindung mit den Folienverpackungen wurden die im Handel praktizierten Lagertemperaturen von 2°C (Lagerung beim Vermarkter), 10°C (Transport und geschlossene Kühlkette Einzelhandel und Großhandel) und 20°C (Vermarktung ab Hof, Wochenmarkt, Einzelhandel) geprüft.

B Einfluss unterschiedlicher Folienverpackungen und Oberflächencoating auf Qualitätsparameter von nicht geschältem und geschältem Spargel in Abhängigkeit von der Lagertemperatur und der Lagerdauer

1 Einleitung

In den einzelnen Stufen der Versorgung der Bevölkerung mit frischem Gemüse hat die Behandlung des Produkts nach der Ernte einen besonderen Stellenwert. Produktorientierte Konsumentenansprüche an die Qualität müssen berücksichtigt werden (SHEWFELT, 1999). Je nach Gemüseart und Vermarktungsstrategie existieren spezifische und divergierende Anforderungen bezüglich der Nacherntebehandlung, die nicht nur vom Produkt abhängen, sondern auch der Akzeptanz der Verbraucherzielgruppe unterworfen sind (HEITEFUSS, 2004; HUYSKENS-KEIL et al., 2004).

Die Verpackungen für ungeschälten Spargel werden zunehmend wichtiger und sind für geschälten Spargel zwingend vorgeschrieben. Primär um die Spargelqualität zu erhalten, sekundär um das Produkt optimal präsentieren zu können (UWIHS, 2004), bietet die Industrie dem Vermarkter eine Vielzahl von Verpackungsmöglichkeiten. In der Regel werden dafür Folien verwendet, die in Verbindung mit physiologisch angepasster Lagertemperatur und Lagerdauer, ein wirksames Instrument zur Qualitätssicherung sein können. Auf modernen Verpackungsmaschinen kommen coextrudierte, biaxial gereckte, beidseitig heißsiegelbare Folien zum Einsatz, die jedoch in ihren Eigenschaften wie Stärke, Gasdurchlässigkeit etc. stark variieren (BRADATSCH, 2000). Der Markt bietet Folien aus Polyethylen, Polypropylen, Mischungen aus Polyethylen und Ethylen-Vinyl-Acetat (recycelfähig), aber auch biologisch abbaubare Werkstoffe (BAW) an. Alle Folien müssen dem Lebensmittelbedarfsgegenständegesetz entsprechen, dehnbar, reißfest, hitze- und kältebeständig, maschinenverwendbar und siegelbar sein. Sie sollen sich gut bedrucken, perforieren und mit verschiedenen Materialien beschichten lassen (ZARORY, 1992).

Wichtige Kenndaten von Folien sind:

1. Permeabilität für Wasserdampf ($\text{g (m}^2 \cdot \text{d)}^{-1}$) und O_2 ($\text{cm}^3 (\text{d} \cdot \text{bar} \cdot \text{m}^2)^{-1}$)
2. Folienstärke (μm)
3. Folienoberfläche des Packstückes (m^2)
4. Produktgewicht (kg)

Auch das Einschweißen geschälten Spargels in Folie ist möglich. Diese Technik gewährleistet, dass Spargel im Einzelhandel selbstbedienungsgerecht in Kleinpackungen von 500 g angeboten werden kann. Für Großhandel und Kantinen wurde ein 5-kg-Karton entwickelt, der mit einer Folieninnenhülle ausgeschlagen ist. Das Folienmaterial hält den Sauerstoffgehalt bei ca. 18 %, so wird die Haltbarkeit von geschältem Spargel verlängert (LEHAR, 2003). MEYER (2003) wies besonders auf die Lagerung unter CA-Hauben und auf die MAP-Verpackung hin: Bei der Lagerung unter CA (controlled atmosphere) wird eine ganze Palette mit der Haube versehen und die Gasatmosphäre auf genau 2 kPa O₂ und 10 kPa CO₂ eingestellt. Nachteilig wirken sich die hohen Kosten aus. Eine relativ einfache und kostengünstige Lagerung macht die MAP-Verpackung (modified atmosphere packaging) möglich: der Spargel wird in kleinen Portionen in Spezial-Folienbeuteln gelagert. Die Toleranz von Grünspargel gegenüber der O₂-Konzentration in der Folienverpackung wird mit 1 kPa, gegenüber der CO₂-Konzentration mit 12 kPa (Weichmann, 1987) angegeben.

2 Material und Methoden

2.1 Pflanzenmaterial und Erntekriterien

Bleichspargel (*Asparagus officinalis* L.) cv. Gijnlim wurde in den Jahren 2001 (14.5), 2002 (22.4. / 26.6) und 2003 (28.4. / 19.6.) im Land Brandenburg aus einer im Jahre 2001 achtjährigen Ertragsanlage (Abb.1) der „Beelitz Spargel Erzeugergruppierung“ geerntet. Zum Zeitpunkt der Ernte entsprachen alle Spargelstangen der EU Handelsklasse I.

Die frisch gestochenen Spargelstangen wurden gewaschen, sortiert und in Eiswasser gebracht, um das Produkt möglichst schnell herunterzukühlen. Die tiefste, mit einem geeichten Thermometer gemessene Produkttemperatur betrug im Eiswasser 6°C. Der zum Schälen bestimmte Spargel wurde der Schälmaschine zugeführt, nach dem vollautomatischen Schälen einer visuellen Kontrolle unterzogen und wenn nötig, per Hand nachgeschält.

Die für den Versuch bestimmte Menge geschälten und ungeschälten Spargels wurde in verschließbaren Kühlbehältern zum Labor transportiert und dort für den Versuch aufbereitet.



Abb. 1: Versuchsfeld II in Klaistow (Brandenburg) bei Erntebeginn 2001

2.2 Aufbereitung der Spargelstangen

An jeweils 500 g Spargelstangen wurden am Erntetag in der Reihenfolge die Qualitätsparameter Frischgewicht, Textur, Farbe, pH-Wert, titrierbare Säure und °Brix gemessen. Im Anschluss wurden die Spargelstangen in flüssigem Stickstoff schockgefroren und das so behandelte Material der Vakuum-Gefriertrocknungsanlage zugeführt und nach Trocknung und Mahlvorgang als Ausgangssubstanz für die später erfolgten Messungen von Mono- und Disacchariden, wasserlöslichem und unlöslichem Pectin, EDTA-löslichem Pectin, Lignin, Hemicellulose und Cellulose verwendet. Zeitgleich wurden am Erntetag jeweils dreimal je 500g Spargel derselben Charge nicht geschält und geschält in diverse Folienverpackungen maschinell verpackt (Abb. 2).



Abb. 2: Folien-Verpackungsmaschine für Convenience-Spargel

Im Anschluss daran wurden die Folienverkaufsverpackungen für zwei, drei oder vier Tage bei 2°C, 10°C oder 20°C gelagert. Im Jahre 2001 wurde auch unverpackter Spargel gelagert. Nach Ende der jeweiligen Lagerdauer wurden die Spargelstangen wie am Erntetag analysiert. Die verwendeten Folienverpackungen und das Oberflächencoating (Tab.4) entsprachen den Vorschriften des Lebensmittelbedarfsgegenständegesetzes.

Tab. 4: Übersicht über die Versuchsdurchführung

Folien	Folieneigenschaften	Lagerdauer (d)			Lagertemperatur (°C)			nicht geschält	geschält
		2	3	4	2	10	20		
OPPC	30 µm Stärke Mikroperforation Permeabilität: O ₂ :1500 cm ³ / d.bar.m ² Wasserdampf : 6-7 g / m ² .d Prüfmethode ASTM 1434 E 96 Fa. Bradatsch. D.	X		X	X	X	X	X	X
BAW 1	30 µm Stärke Cellophane MS 430 Cellulosefilm Biologisch abbaubar Nitrocellulosebeschichtung Permeabilität : Wasserdampf : 5 g / m ² .d Prüfmethode ASTM 13385-1 Fa. UCB . UK.	X		X	X	X	X		X
P-Plus 2	35 µm Stärke Antifog-Beschichtung Fa. Amcor. UK.	X	X			X	X	X	X
PP	30 µm Stärke Antifog-Beschichtung Fa. Maag. D.	X	X			X	X	X	X
BAW 3	35 µm Stärke Biologisch abbaubar Antifog-Beschichtung Fa. Amcor. UK.	X		X		X	X	X	X
P-Plus 3	35 µm Stärke Antifog-Beschichtung Fa. Amcor. UK.	X		X		X	X		X
Coating	Liquid Lösung 4% Natureseal AS 5 Fa. Agricoat Industries Limited. UK.	X	X			X	X	X	X

2.3 Farbe

In der vorliegenden Arbeit wurden die Farbmessungen zerstörungsfrei mit einem Colorimeter L*a*b*-Tristimulus (Dreibereichsverfahren)-Farbmessgerät der Firma MINOLTA Chroma- Meter 200 b vorgenommen, welches alle Farben des sichtbaren Farbspektrums in einen genormten Zahlencode umwandelt. Um eine einheitliche Basis für Farbbeschreibungen zu schaffen, wurde als Basisbezug die numerische Farbkommunikation des L*a*b*-Farbmaß-Systems entwickelt, wobei Farbton, Helligkeit und Sättigung einer Farbe, ausgedrückt in L*a*b*- Werten, die exakte und konkrete Farbbeschreibung ermöglichen (MINOLTA, 1996). Im L*a*b*-Farbsystem steht L* für die Helligkeit, während a* und b* sowohl den Farbton als auch die Sättigung angeben. a* und b* nennen die Position auf zwei Farbachsen, wobei a* der Rot-Grün-Achse und b* der Gelb-Blau-Achse zugeordnet ist. Die Sättigung einer Farbe (C*-Wert) errechnet sich nach der Formel $C^* = \sqrt{(a^* + b^*)^2}$ (Mc GUIRE, 1992). Für die Veränderung der Farbe der Spargelstangen wurde als Bezugswert der C*-Wert am Tage der Einlagerung gewählt. Jeweils drei Farbmessungen für L*, a* und b* erfolgten radial an neun Spargelstangen pro Versuchsvariante bei 4 cm und 14 cm von der Spargelspitze aus gemessen, so dass vierundfünfzig Farbmessungen für eine Versuchsvariante stattfanden (n = 54).

2.4 Textur

Die Messungen wurde mit einem microcomputergesteuerten Handhärteprüfgerät der Firma Bareiss Typ HHP-2001-Fff zur Ermittlung der Fruchtfleischfestigkeit vorgenommen. Für geschälte sowie ungeschälte Spargelstangen wurde der Taster 0,25 cm² verwendet. Der Stempel mit integriertem Taster arbeitet zerstörungsfrei und durchdringt nicht die Schale. Das Nachgeben der Oberfläche bei einer vorgegebenen Anpresskraft und einem definierten Messweg wurde registriert. Der ermittelte Wert drückt keine physikalische Einheit aus, sondern einen Quotienten. Jeweils drei radiale Messungen an drei Spargelstangen einer Versuchsvariante erfolgten im Abstand von 7 cm, 14 cm und 21 cm ab Spargelspitze (n = 54).

2.5 Frischmasse und Trockensubstanz

Der Frischmasseverlust wurde für nicht geschälten und geschälten Spargel durch Wägung vor und nach Einlagerungszeit festgestellt.

Zur Berechnung der Trockensubstanz wurden jeweils 3-4 g des Probenmaterials eingewogen und im Trockenschrank bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz ca. 24 Stunden getrocknet. Die Gewichts Differenz wurde berechnet und prozentual zum Ausgangsprobenmaterial erfasst.

2.6 Pectine

Zur Bestimmung der wasserlöslichen, EDTA-löslichen und unlöslichen Pectinfraktion erfolgte die Zellwandextraktion nach McCOMB und MCCREADY (1952), BLUMENKRANTZ und ASBOE-HANSEN (1973) und HUYSKENS (1991).

Tiefgefrorenes Probenmaterial (20 g) wurde mit 100 ml 99 %igem Aceton versetzt und 5 min mit dem Ultra-Turrax homogenisiert. Anschließend wurde das Material 30 min gekocht und mit Blaubandfilter Nr. 589 / 3 Rundfilter, Durchmesser 150 mm, vakuumfiltriert. Die Filtrerrückstände wurden zweimal mit 99 %igem Aceton, zweimal mit 20 ml Ethanol und zuletzt nochmals mit 150 ml 99 %igem Aceton gewaschen. Der weiße Rückstand wurde quantitativ vom Filter in ein vorgewogenes Wägegläschen überführt und 24 Stunden bei 70°C getrocknet. Die getrocknete Substanz (AIS = Acid Insoluble Substance) wurde gewogen, gemahlen und als AIS für weitere Pectinextraktionen verwendet.

Wasserlösliche Pectinfraktion:

100 mg AIS-Probe wurde mit 20 ml Aqua dest. versetzt und bei Raumtemperatur eine Stunde mit dem Magnetrührer gerührt. Danach wurde der pH-Wert auf 4,5 gebracht. 0,1 ml Pectinaseverdünnung, das entspricht 20 µg Pectinase (Pectinex Ultra SP-L, Fa. NOVO NORDISK FERMENT, CH) wurde der Probe zugegeben. Nach einstündiger Reaktionszeit wurden die Proben bei 11000 U/min zentrifugiert (Biofuge / 22 R / Heraeus). Quantitativ wurde der Überstand nach Durchlaufen von Miracloth-Filtern in 50 ml Messkolben überspült und mit 0,5 %iger EDTA (pH 4,5) aufgefüllt. Es erfolgte nochmalige Filtration durch Faltenfilter. Die Pellets wurden anschließend für die Bestimmung der EDTA-löslichen Pektinfraktion verwendet.

EDTA-lösliche Pectinfraktion:

Pellets der wasserlöslichen Pektinfraktion wurden mit 20 ml 0,5 %iger EDTA (pH 6) mit dem Magnetrührer eine Stunde bei Raumtemperatur gerührt und mit verdünnter Essigsäure (Verdünnungsverhältnis 1:2) auf pH 4,5 gebracht. 0,1 ml Pectinaseverdünnung, das entspricht 20 µg Pectinase (Pectinex Ultra SP-L, Fa. NOVO NORDISK FERMENT, CH) wurde der Probe zugegeben. Nach einstündiger Reaktionszeit wurden

die Proben bei 11000 U / min zentrifugiert (Biofuge / 22 R / HERAEUS). Quantitativ wurde der Überstand nach Durchlaufen von Miracloth-Filtern in 50 ml Messkolben überspült und mit 0,5 %iger EDTA (pH 4,5) aufgefüllt. Es erfolgte nochmalige Filtration durch Faltenfilter. Die Pellets wurden anschließend für die Bestimmung der unlöslichen Pektinfraktion verwendet.

Unlösliche Pektinfraktion:

Pellets der EDTA-löslichen Pektinfraktion wurden mit 20 ml EDTA (pH 11,5) versetzt. Nach 10 Minuten wurde wegen der steigenden Acidität der Proben der pH-Wert mit verdünnter Natronlauge nachgestellt. Es wurde 20 Minuten mit dem Magnetrührer bei 20°C gerührt und mit verdünnter Essigsäure (Verdünnungsverhältnis 1:2) auf pH 4,5 gebracht. 0,1 ml Pectinaseverdünnung, das entspricht 20 µg Pectinase (Pectinex Ultra SP-L, Fa. NOVO NORDISK FERMENT, CH) wurde der Probe zugegeben. Nach einstündiger Reaktionszeit wurden die Proben bei 11000 U / min zentrifugiert. Quantitativ wurde der Überstand nach Durchlaufen von Miracloth-Filtern in 50 ml Messkolben überspült und mit 0,5 %iger EDTA (pH 4,5) aufgefüllt. Es erfolgte eine nochmalige Filtration durch Faltenfilter. Die anfallenden Pellets wurden verworfen.

Die Pektinfraktionen wurden nach MCCREADY und MCCOMB (1952) bestimmt: Von jeder Probe wurden 0,2 ml (n = 3) abgenommen und mit 0,8 ml 0,5 % iger EDTA (pH 6) versetzt. Diesen Proben wurde unter Rühren eiskalte konzentrierte Schwefelsäure zugesetzt, 10 Minuten im Wasserbad gekocht und anschließend abgekühlt. Nach Zugabe von 0,1 ml 0,15 % iger MHDP-Lösung wurden die Proben mit dem Ultra-Turrax geschüttelt. 20 Minuten danach erfolgte die photometrische Messung bei 520 nm (UV / VIS-8730). Es wurde der Gehalt an Galakturonsäure bestimmt. Als Standard diente D-Galacturonsäure (5 µg zu 80 µg / ml; Sigma D 4288).

2.7 Lignin, Hemicellulose, Cellulose

Um Lignin, Hemicellulose und Cellulose zu bestimmen, wurde die Detergentien-Faser-Methode zugrunde gelegt (AOAC, 1984). Die Methode umfasst die Bestimmung der NDF (Neutral Detergent Fiber), der ADF (Acid Detergent Fiber) und der ADL (Acid Detergent Lignin). Durch Differenzbildung können Hemicellulose und Cellulose in g berechnet werden und prozentual auf die Trockensubstanz bezogen werden.

$\text{NDF (g)} - \text{ADF (g)} = \text{Hemicellulose (g)}$

$\text{ADF (g)} - \text{ADL (g)} = \text{Cellulose (g)}$

Das gefriergetrocknete Probenmaterial wurde im Ultra-Turrax homogenisiert und zur Bestimmung der Trockensubstanz 24 Stunden im Trockenschrank bei 60°C getrocknet und anschließend gemahlen.

Bestimmung des Gehaltes an ADF:

1 g der gemahlenen Probe wurde auf 1 mg eingewogen. Es wurde 100 ml saure Detergentienlösung (20 g N-Cetyl-N, N, N-trimethyl-ammoniumbromid) in Schwefelsäure (c: $\frac{1}{2}$ H₂ SO₄ = 1 mol / l) gelöst und mit 1 ml Decahydronaphthalin oder einigen Tropfen Octanol versetzt. Es wurde ein mit Wasser gefüllter Rundstehkolben als Rückflusskühler aufgestellt. Die Lösung wurde innerhalb von 5 min zum Sieden erhitzt und 5 min in schwachem Sieden gehalten. Der Zeitraum von 60 min wurde ab Siedebeginn gerechnet. Nach Beendigung der 60 min Kochzeit wurde der Inhalt des Becherglases unter Anlegen eines schwachen Unterdrucks durch den vorbereiteten Filtertiegel filtriert. Der Tiegelinhalt wurde portionsweise mit insgesamt 250 ml heißen Wassers gewaschen. Nach dem Absaugen wurde mit Aceton nachgewaschen, bis das ablaufende Aceton farblos war. Es wurde so lange Luft durchgesaugt, bis das Aceton entfernt war. Der Filtertiegel wurde mit Inhalt über Nacht bei 102°C im Trockenschrank getrocknet und nach dem Abkühlen im Exsiccator gewogen. Der Gehalt ADF in % der Probe wurde nach folgender Formel berechnet:

$$\text{ADF} = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 100}{E}$$

E

m₁ = Masse des Filtertiegels in g

m₂ = Masse der Filtertiegels und ADF in g

E = Einwaage in g

Der unlösliche Rückstand wurde über einen Filtertiegel abgetrennt, gewaschen, getrocknet und gewogen. Die Menge an Trockenrückstand entspricht dem Gehalt an Acid Detergent Fiber. Der Gehalt an ADF in Pflanzen ist ein Maß für den Gehalt an Zellwandgerüstsubstanzen (Cellulose, Lignin, Lignin-N-Verbindungen).

Die Bestimmung der ADF als Maß für die Zellwandbestandteile wurde von VAN SOEST (1963) beschrieben. Die vorliegende Methode lehnt sich an die Arbeit von GOERING und VAN SOEST (1972) an. Über einen Ringversuch berichtete VAN SOEST (1973), im Anschluss an diesen wurde seine Methode in die Sammlung der AOAC-Methoden übernommen (AOAC, 1984). MIKA et al. (1981) benutzten in ihren Schätz-

formeln die ADF als mineralstoffreiche Substanz. Der bei der Bestimmung der ADF verbleibende Rückstand kann für die Bestimmung des Rohlignins = ADL herangezogen werden.

Bestimmung der ADL:

Hierbei wird der im Tiegel verbliebene Rückstand der ADF-Bestimmung 3 h wie folgt behandelt: Der Filtertiegel wird mit Inhalt gewogen, in ein 50 ml Becherglas gestellt und der Tiegelinhalt mit auf 15°C abgekühlter 72 %iger Schwefelsäure überschichtet. Es wird unter Nachfüllen von 72 %iger Schwefelsäure stündlich umgerührt und während dieser Zeit der Tiegel auf einer Temperatur von 20-23°C gehalten. Anschließend wird abgesaugt, mit heißem Wasser gewaschen, getrocknet und gewogen. Nach Veraschung der organischen Substanz wird erneut gewogen, der Glühverlust entspricht dem Rohlignin.

Bestimmung der NDF (LINDNER, 1960):

In ein Becherglas wird 1 g der gemahlten Probe auf 1 mg eingewogen, mit 100 ml einer neutralen Detergentienlösung versetzt und 60 Minuten schwach am Sieden gehalten. Nach Beendigung der 60 Minuten Kochzeit wird der Inhalt des Becherglases durch einen vorbereiteten speziellen Filtertiegel filtriert. Der Filtertiegel mit Inhalt wird 8 h bei 105°C in Trockenschrank getrocknet und nach dem Abkühlen im Exsiccator gewogen. NDF ist ein Maß für den Gehalt an Zellwandgerüstsubstanzen (Hemicellulose, Cellulose, Lignin, Lignin-N-Verbindungen), sowie Kieselsäure und Silikaten.

2.8 Kohlenhydrate

Die Probenaufbereitung zur Bestimmung der Monosaccharide Fructose und Glucose und des Disaccharids Saccharose wurde nach FISCHER (1999) für die HPLC-Analyse durchgeführt (HPLC: FIRMA BISCHOFF Leonberg). Trennsäule: Waters-Spherisorb Amino 3,0 µm; 250 x 3,0 mm. Fließmittel: 85 %iges Acetonitril. Detektion: RI-Detektor.

HPLC-Probenaufbereitung:

Für die Ethanolextraktion wurden 100 mg gefriergetrocknetes Probenmaterial und 8 ml 80 %iges Ethanol 20 min im Schüttelwasserbad bei 70°C gemischt. Dann erfolgte über 15 min die Zentrifugation bei 3000 U / min. Die Überstände wurden in 50 ml Erlenmeyerkolben überführt. Die Pellets wurden mit 5 ml 80 %igem Ethanol aufgerührt. Die Ethanolextraktion wurde dreimal wiederholt, nach der letzten Extraktion und Zu-

gabe von 2 ml Aqua dest. (HPLC-Wasser) wurden die Proben mit Parafilm verschlossen und bis zur Weiterverarbeitung im Gefrierschrank aufbewahrt.

Probenvorbereitung für die HPLC und Einengen der Probe:

Die Probe wurde in einen 50 ml Rundkolben überführt und der Erlenmeyerkolben mit 2 x 1 ml 80 %igem Ethanol gespült. Dann erfolgte das Einengen am Rotavapor: zunächst bei ca. 120 mbar, dann bei ca. 30 mbar und bei 40°C Wasserbadtemperatur.

Behandlung und Reinigung der Probe:

Die bis zur Trockene eingedampfte Probe wurde in 1,2 ml HPLC-Wasser aufgenommen und im Schwingschüttler bei 4 x 15 min gelöst. Die Enteiweißung wurde durch Zugabe von 0,6 ml gesättigter Bleiacetat-Lösung erreicht. Es erfolgte die Überführung in ein 10 ml Zentrifugenrohr und das Zentrifugieren ca. 20 min bei 3000 U / min. Der Überstand wurde in zwei mit ca. 0,7 g Mischbettionenaustauscher V gefüllte Eppendorfer Pipetten gefüllt. Anschließend wurden diese im Ständer 30 min im Schwingschüttler kräftig bewegt (alle 5 Minuten erfolgten fünf Minuten Stillstand). Die Flüssigkeit wurde mit einer Pipette abgenommen und sehr langsam durch Altech Clean Säulen (18°C) in eine 2 ml Eppendorf-Gefäß gepresst. Die Proben wurden bis zur Verwendung eingefroren. Die aufbereiteten Proben wurden in der HPLC-Anlage analysiert.

2.9 Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentrationen

Die Sauerstoffmessungen innerhalb der OPPC - Folienverpackungen erfolgten im Jahre 2001 mit dem Sauerstoffmessgerät OXYGEN SENSOR (PTP-1810 335304 039 City Technologie Ltd. Patents Pending, UK, Eichwert 11,5 mV).

Nach einer Adaptionszeit von 30 Minuten wurde der Sensor in die Verpackung eingebracht. Die Messungen erfolgten in gleichmäßigen zeitlichen Abständen.

In den Jahren 2002 und 2003 erfolgten Online-Messungen der Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentrationen innerhalb und außerhalb der Folienverpackungen mit einer Biobox (GMS GmbH, Cottbus) und einem DAN-Sensor (Firma RIDZEWSKI).

2.10 Statistische Methoden

Die Versuchsergebnisse wurden nach Prüfung der Voraussetzungen durch ANOVA mit SPSS Windows XP Professional 10.1 aufgearbeitet.

Bei Varianzheterogenität fand der Kruskal-Wallis-H-Test als nichtparametrische Entsprechung der Varianzanalyse Anwendung (LORENZ, 1992; KÖHLER et al. 1996). Im Anschluss wurde ein Vergleich der Rangmittelwerte nach NEMENYI vorgenommen und die kritischen Werte mit den Tabellenwerten verglichen (KROSCHESKI, 2002).

Die Faktorenanalyse zur Zusammenfassung von korrelierenden Eigenschaften der untersuchten Qualitätsparameter wurde mit dem Statistikprogramm SPSS 10.1 für XP Professional durchgeführt. Alle Variablen waren quantitativ skalierte Zufallsgrößen. Nominal skalierte Größen wurden mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel für Windows XP Home bearbeitet.

3. Ergebnisse

3.1 Qualitätsparameter von nicht geschältem Spargel zum Erntezeitpunkt (Versuchsjahre 2001 – 2003)

Es wurde festgestellt, dass die Qualitätsparameter der Kontrollvarianten in den Versuchsjahren 2001, 2002 und 2003 stark von einander abwichen: die Mittelwerte zeigten signifikante Unterschiede (Tab. 5 und Anhang Tab. 92) bei den Parametern Textur, EDTA-löslichem Pectin und Saccharose. Die Mittelwerte des Jahres 2001 unterschieden sich signifikant von denen des Jahres 2003 bei den Parametern wasserlösliches Pectin, unlösliches Pectin, Lignin, Hemicellulose und Cellulose, von 2002 bei Fructose und Trockensubstanz. Im Jahre 2002 wich der Mittelwert des Glucosegehaltes signifikant von denen der Jahre 2001 und 2003 ab.

Tab. 5: Mittelwertvergleich von Qualitätsparametern von Spargel (nicht gelagert, nicht geschält) zwischen den Jahren 2001, 2002 und 2003

Qualitätsparameter	Versuchsjahr		
	2001	2002	2003
TS (%)	7,21 ± 0,23	7,89 ± 0,18	7,23 ± 0,17
TX (-)	92,25 ± 0,10	78,43 ± 1,35	86,63 ± 1,75
WPF (mg / g TS)	8,96 ± 0,28	8,71 ± 0,27	14,34 ± 0,51
EPF (mg / g TS)	1,98 ± 0,04	2,51 ± 0,04	3,45 ± 0,19
UPF (mg / g TS)	9,99 ± 0,40	11,85 ± 0,19	12,20 ± 0,30
LIG (% i. d. TS)	1,84 ± 0,10	1,17 ± 0,02	1,07 ± 0,12
HEM (% i. d. TS)	3,49 ± 0,02	3,10 ± 0,16	5,24 ± 0,68
CEL (% i. d. TS)	8,38 ± 0,04	7,31 ± 0,40	9,79 ± 0,50
FRU (mg / g TS)	160,43 ± 2,00	167,79 ± 4,22	152,45 ± 4,40
GLU (mg / g TS)	117,72 ± 0,90	150,48 ± 4,38	127,38 ± 5,02
SAC (mg / g TS)	24,85 ± 0,40	28,27 ± 0,91	21,17 ± 1,10

3.2 Einfluss der Lagertemperatur auf Qualitätsparameter von nicht geschältem und nicht verpacktem Spargel

Im Versuchsjahr 2001 wurden bei nicht geschält und nicht verpackt gelagertem Spargel am zweiten Lagertag bei 2°C gegenüber der Kontrollvariante signifikante

Veränderungen bei EDTA-löslichem Pectin (+33,8 %), Lignin (-55,2 %) und Saccharose (+64,1 %) beobachtet. Bei 10°C veränderten sich EDTA-lösliches Pectin (+39,9 %), unlösliches Pectin (+44,2 %), Lignin (+31,3 %), Hemicellulose (+32,9 %), Glucose (-22,9 %) und Saccharose (+25,5 %). Bei 20°C veränderten sich Lignin (-46,5 %) und Glucose (-19,4 %) signifikant, während die anderen Qualitätsparameter keine signifikanten Veränderungen aufwiesen.

Am vierten Lagertag wurde bei 2°C eine signifikante Veränderung der Saccharose (+70,0 %), bei 10°C des Lignins (+66,5 %), der Hemicellulose (+38,1 %) und bei 20°C signifikante Veränderungen der Cellulose (+44,3 %) und der Glucose (-21,7 %) beobachtet (Tab. 6 und 7). Die anderen Qualitätsparameter wiesen keine signifikanten Veränderungen auf.

Tab. 6: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält und nicht verpackt) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und Lagertemperatur

Qualitätsparameter	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)						
	0	2			4		
	Kontrolle	2°C	10°C	20°C	2°C	10°C	20°C
	MW ± SE	MW ± SE	MW ± SE	MW ± SE	MW ± SE	MW ± SE	MW ± SE
TS (%)	7,21 ± 0,2	6,43 ± 0,2	6,14 ± 0,1	7,10 ± 0,01	6,95 ± 0,2	6,38 ± 0,1	6,75 ± 0,1
TX (-)	92,26 ± 1,0	88,08 ± 0,9	91,58 ± 1,4	82,90 ± 2,1	85,30 ± 2,9	82,70 ± 2,7	76,00 ± 2,9
WPF (mg/g TS)	8,96 ± 0,3	9,35 ± 0,3	10,20 ± 0,3	8,25 ± 0,1	8,53 ± 0,1	9,87 ± 0,1	10,00 ± 0,0
EPF (mg/g TS)	1,98 ± 0,4	2,77 ± 0,1	2,70 ± 0,1	1,71 ± 0,0	2,67 ± 0,1	1,23 ± 0,0	1,70 ± 0,0
UPF (mg/g TS)	10,00 ± 0,4	9,86 ± 0,8	14,40 ± 0,8	11,04 ± 0,4	9,87 ± 0,3	10,30 ± 0,4	11,00 ± 0,3
LIG (% i. d. TS)	1,85 ± 0,1	0,83 ± 0,1	2,40 ± 0,0	0,99 ± 0,0	1,19 ± 0,1	3,08 ± 0,0	1,60 ± 0,1
HEM (% i. d. TS)	3,49 ± 0,0	3,05 ± 0,4	4,60 ± 0,0	2,74 ± 0,0	4,15 ± 0,1	4,80 ± 0,0	4,20 ± 0,2
CEL (% i. d. TS)	8,38 ± 0,0	8,78 ± 0,3	8,84 ± 0,0	9,58 ± 0,0	8,88 ± 0,3	9,72 ± 0,0	12,00 ± 0,5
FRU (mg/g TS)	160,40 ± 2,0	154,00 ± 8,3	149,00 ± 1,0	151,80 ± 5,5	151,30 ± 6,5	152,40 ± 1,6	139,00 ± 4,7
GLU (mg/g TS)	117,70 ± 0,9	100,50 ± 6,3	91,50 ± 1,1	94,90 ± 4,3	110,90 ± 6,3	105,00 ± 1,5	92,00 ± 3,1
SAC (mg/g TS)	24,85 ± 0,4	40,80 ± 2,1	31,20 ± 1,3	24,70 ± 1,3	42,24 ± 0,9	23,70 ± 0,2	29,00 ± 2,8

Die in allen folgenden Tabellen beschriebenen signifikanten Veränderungen wurden bei $\alpha = 0,05$ mit einem Stern (*), bei $\alpha = 0,01$ mit zwei Sternen (**) gekennzeichnet. Die nicht signifikanten Veränderungen zeigen die tendenzielle Abnahme oder Zunahme des betreffenden Parameters.

Tab. 7: Signifikante Veränderungen der Qualitätsparameter bei 2°C, 10°C und 20°C Lagertemperatur in Spargel (nicht geschält und nicht verpackt) (T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) ($\alpha = 0,05$; Kruskal-Wallis-Test und Anschlussstest von Nemenyi)

Qualitätsparameter	T2			T4		
	2°C	10°C	20°C	2°C	10°C	20°C
Textur (%)	n.s	n.s	n.s.	n.s	n.s.	n.s.
Wasserlösliches Pectin (%)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
EDTA-lösliches Pectin (%)	33,8	39,9	n.s	n.s	n.s	n.s
Unlösliches Pectin (%)	n.s	44,2	n.s	n.s	n.s	n.s
Lignin (%)	-55,2	31,3	-46,5	n.s	66,5	n.s
Hemicellulose (%)	n.s	32,9	n.s	n.s	38,1	n.s
Cellulose (%)	n.s	n.s	n.s.	n.s	n.s.	44,3
Fructose (%)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Glucose (%)	n.s	-22,9	-19,4	n.s	n.s	-21,7
Saccharose (%)	64,1	25,5	n.s	70,0	n.s	n.s

Die Textur nahm bei 2°C Lagertemperatur vom zweiten bis zum vierten Lagertag ab. Die Gehalte der EDTA-löslichen Pectinfraktion und Saccharose nahmen über den zweiten bis zum vierten Lagertag signifikant zu. Der Gehalt wasserlöslichen Pectins stieg bis zum zweiten Lagertag an, und nahm bis zum vierten Lagertag ab. Die Gehalte von unlöslichem Pectin, Lignin, Hemicellulose und Glucose nahmen bis zum zweiten Lagertag ab und bis zum vierten Lagertag zu, während der Fructosegehalt vom zweiten bis zum vierten Lagertag abnahm (Tab. 8).

Tab. 8: Veränderungen der Qualitätsparameter in Spargel (nicht geschält und nicht verpackt) während der Lagerung bei 2°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	-4,5	-3,1
Wasserlösliches Pectin	4,4	-8,8
EDTA-lösliches Pectin	33,8 *	0,8
Unlösliches Pectin	-1,4	0,1
Lignin	-55,1 *	43,4 *
Hemicellulose	-12,6	36,1 *
Cellulose	4,8	1,1
Fructose	-4,0	-1,8
Glucose	-14,7	10,4
Saccharose	64,1*	3,6

Die Veränderung der Textur vom Erntezeitpunkt bis zum vierten Lagertag bei 2°C Lagertemperatur ist zu 15,3 % ($\alpha = 0,01$) auf die Veränderung des Ligningehaltes zurückzuführen und zu 4,6 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung des EDTA-löslichen Pectins, zu 4 % auf die Veränderung des wasserlöslichen Pectins und zu jeweils 3,8 % auf die Veränderungen des Glucose- und Saccharosegehaltes zurückzuführen (Tab. 9).

Tab. 9: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (nicht geschält und nicht verpackt) während der Lagerung bei 2°C

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Lignin	0,391**	15,3
EDTA-lösliches Pectin	-0,214*	4,6
Wasserlösliches Pectin	0,201*	4,0
Glucose	0,196*	3,8
Saccharose	-0,196*	3,8

Bei 10°C Lagertemperatur nahm die Textur bis zum vierten Lagertag ab. Bis zum zweiten Lagertag nahm EDTA-lösliches, unlösliches und wasserlösliches Pectin und Saccharose zu, um dann bis zum vierten Lagertag abzunehmen. Lignin, Hemicellulose und Cellulose stiegen bis zum vierten Lagertag an. Fructose und Glucose nahmen bis zum zweiten Lagertag ab und stiegen bis zum vierten Lagertag wieder an (Tab. 10).

Tab. 10: Veränderungen der Qualitätsparameter in Spargel (nicht geschält, nicht verpackt) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zweiter Lagertag, T4: vierter Lagertag) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	-0,4	-10,0
Wasserlösliches Pectin	14,1	-4,3
EDTA-lösliches Pectin	39,9 *	-55,6*
Unlösliches Pectin	44,2 *	-28,5*
Lignin	31,4 *	26,7 *
Hemicellulose	33,0 *	3,9
Cellulose	5,5	10,0
Fructose	-7,3	2,5
Glucose	-22,3 *	14,8
Saccharose	25,5 *	-23,9 *

Die Veränderung der Textur nach vier Lagertagen bei 10°C Lagertemperatur ist zu 8,9 % ($\alpha = 0,01$) auf die Veränderung von Cellulose, zu 7,6 % auf die Veränderung von Hemicellulose zurückzuführen, zu 8 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung des Gehaltes an EDTA-löslichem Pectin und zu 3,3 % auf die Veränderung des wasserlöslichen Pectins zurückzuführen Tab. 11).

Tab. 11: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (nicht geschält und nicht verpackt) während der Lagerung bei 10°C (Anhang Tab. 93-1-EK 01 10)

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Cellulose	-0,298**	8,9
Hemicellulose	-0,276**	7,6
EDTA-lösliches Pectin	0,282*	8,0
Wasserlösliches Pectin	0,181*	3,3

Nach zwei und viertägiger Lagerdauer bei 20°C von nicht geschält und nicht gelager-tem Spargel wurde eine Zunahme der Elastizität (= Abnahme der Texturwerte) und eine Abnahme des Gehaltes von Fructose und der Glucose beobachtet. Während der zweitägigen Lagerung nahmen das wasserlösliche Pectin, EDTA-lösliches Pectin, Lignin und Hemicellulose ab, um bis zum vierten Lagertag wieder anzusteigen. Cellulose und unlösliches Pectin stiegen bis zum zweiten und weiter bis zum vierten Lagertag an (Tab. 12).

Tab. 12: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält und nicht verpackt) während der Lagerung bei 20°C (T0: Erntetag, T2: zweiter Lagertag, T4: vierter Lagertag) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	-10,1	-7,9
Wasserlösliches Pectin	-7,9	26,8 *
EDTA-lösliches Pectin	-13,6	0,6
Unlösliches Pectin	10,4	2,1
Lignin	-46,5 *	63,6 *
Hemicellulose	-21,5	51,5
Cellulose	14,3	26,2 *
Fructose	-5,4	-8,3
Glucose	-19,4 *	-2,9
Saccharose	-0,6	15,5

Die Veränderungen der Textur des nicht geschält und nicht verpackt gelagerten Spargels lassen sich zu 25,8 % ($\alpha = 0,01$) aus den Veränderungen des Cellulosegehaltes, zu 16,4 % aus den Veränderungen des Glucosegehaltes, zu 11 % aus der Veränderung des Gehaltes von Fructose und zu 5,3 % ($\alpha = 0,05$) aus den Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins und zu 4,2 % aus der Veränderung des Lignins erklären (Tab. 13).

Tab. 13: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (nicht geschält und nicht verpackt) während der Lagerung bei 20°C

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Cellulose	-0,508**	25,8
Glucose	0,405**	16,4
Fructose	0,332**	11
EDTA-lösliches Pectin	0,231*	5,3
Lignin	0,206*	4,2

3.3 Einfluss der Folienverpackung und Lagertemperatur auf Qualitätsparameter von nicht geschältem Spargel

3.3.1 OPPC

Am zweiten Lagertag wurden bei 2°C Lagertemperatur gegenüber der Kontrollvariante signifikante Veränderungen des unlöslichen Pectins (+59,8 %), des Lignins (-59,5 %) und der Saccharose (+61,0 %), bei 10°C signifikante Veränderungen der Hemicellulose (+28,9 %), der Saccharose (+41,2 %), des EDTA-löslichen (+25,8 %) und unlöslichen Pectins (+43,5 %) und bei 20°C Lagertemperatur signifikante Veränderungen des Lignins (-22,7 %), der Hemicellulose (+35,0 %), der Glucose (-29,0 %) und der Saccharose (+19,3 %) beobachtet (Tab. 14 und 15).

Am vierten Lagertag wurden bei 2°C signifikante Veränderungen des Lignins (-43,2 %) und der Saccharose (+120,1 %), bei 10°C des Lignins (+36,8 %) und der Hemicellulose (+32,4 %) und bei 20°C Lagertemperatur signifikante Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins (-21,7 %), der Cellulose (+32,9 %) festgestellt (Tab. 14 und Tab. 15).

Die anderen Qualitätsparameter wiesen keine signifikanten Veränderungen auf.

Tab. 14: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält, in Folie OPPC verpackt) während der Lagerung

	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)						
	0	2			4		
	Kontrolle	2°C	10°C	20°C	2°C	10°C	20°C
Qualitätsparameter	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE
TS (%)	7,21 ± 0,3	6,15 ± 0,3	6,70 ± 0,1	6,66 ± 0,2	6,89 ± 0,2	6,21 ± 0,0	6,60 ± 0,2
TX (-)	92,26 ± 1,0	77,10 ± 1,7	86,00 ± 1,8	88,06 ± 2,1	88,17 ± 1,7	84,00 ± 2,0	80,59 ± 2,4
WPF (mg/g TS)	8,96 ± 0,3	9,46 ± 0,3	8,60 ± 0,1	9,14 ± 0,2	8,40 ± 0,2	10,63 ± 0,3	10,10 ± 0,5
EPF (mg/g TS)	1,98 ± 0,4	2,32 ± 0,0	2,50 ± 0,0	2,17 ± 0,0	2,41 ± 0,0	1,69 ± 0,0	1,55 ± 0,0
UPF (mg/g TS)	10,00 ± 0,4	15,96 ± 0,3	14,40 ± 0,2	10,97 ± 0,3	9,19 ± 0,0	11,50 ± 0,2	11,59 ± 0,0
LIG (% i. d. TS)	1,85 ± 0,1	0,75 ± 0,0	2,01 ± 0,1	1,43 ± 0,0	1,05 ± 0,0	2,53 ± 0,0	1,18 ± 0,0
HEM (% i. d. TS)	3,49 ± 0,0	3,33 ± 0,2	4,50 ± 0,0	4,70 ± 0,0	3,75 ± 0,0	4,62 ± 0,0	3,06 ± 0,0
CEL (% i. d. TS)	8,38 ± 0,0	8,29 ± 0,0	8,39 ± 0,1	9,43 ± 0,0	8,57 ± 0,0	8,38 ± 0,0	11,14 ± 0,0
FRU (mg/g TS)	160,44 ± 2,0	166,10 ± 9,2	151,00 ± 1,6	148,30 ± 1,7	154,62 ± 2,2	161,20 ± 1,5	153,02 ± 1,7
GLU (mg/g TS)	117,70 ± 0,9	104,90 ± 7,5	102,6 ± 1,0	83,56 ± 1,9	110,70 ± 1,8	118,30 ± 1,4	102,70 ± 0,0
SAC (mg/g TS)	24,90 ± 0,4	40,00 ± 1,8	35,10 ± 1,3	29,64 ± 0,5	54,70 ± 0,6	25,40 ± 0,7	41,10 ± 0,4

Tab. 15: Signifikante Qualitätsveränderungen in Spargel bei 2°C, 10°C und 20°C Lagertemperatur (nicht geschält, verpackt in Folie OPPC), (T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) ($\alpha = 0,05$, Kruskal-Wallis-Test und Anschlussstest von Nemenyi)

Qualitätsparameter	T2			T4		
	2°C	10°C	20°C	2°C	10°C	20°C
Textur (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wasserlösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
EDTA-lösliches Pectin (%)	n.s.	25,8	n.s.	n.s.	n.s.	-21,7
Unlösliches Pectin (%)	59,8	43,5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lignin (%)	-59,5	n.s.	-22,7	-43,6	36,8	n.s.
Hemicellulose (%)	n.s.	28,9	35,0	n.s.	32,4	n.s.
Cellulose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	32,9
Fructose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glucose (%)	n.s.	n.s.	-29,0	n.s.	n.s.	n.s.
Saccharose (%)	61,0	41,2	19,3	120,1	n.s.	n.s.

Es wurde bei nicht geschält in Folie OPPC verpackt gelagertem Spargel nach zwei- und viertägiger Lagerdauer bei 2°C eine Abnahme der Textur, der Gehalte von Lignin, Hemicellulose, Cellulose und Glucose bis zum zweiten Lager-

tag und Zunahme bis zum vierten Lagertag beobachtet. Die Gehalte von wasserlöslichem Pectin, unlöslichem Pectin und Fructose nahmen bis zum zweiten Lagertag zu und bis zum vierten Lagertag ab. Die Gehalte an EDTA-löslichem Pectin und Saccharose nahmen bis zum vierten Lagertag zu (Tab. 16).

Tab. 16: Qualitätsveränderungen in Spargel (nicht geschält, verpackt in Folie OPPC) während der Lagerung bei 2°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	- 16,4	14,3
Wasserlösliches Pectin	5,6	-11,2
EDTA-lösliches Pectin	17,2	3,9
Unlösliches Pectin	59,8 *	-42,5 *
Lignin	-59,5 *	40,0 *
Hemicellulose	-4,6	12,6
Cellulose	-1,1	3,4
Fructose	3,5	-6,9
Glucose	-10,9	5,5
Saccharose	61,0 *	36,4*

Die Veränderungen der Textur bei 2°C Lagertemperatur sind zu jeweils 20,1 % ($\alpha = 0,01$) auf die Veränderungen des Ligningehaltes und zu 13,5 % auf die Veränderung des Saccharosegehaltes zurückzuführen und zu 5,2 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung des Gehaltes von Fructose, zu 5,2 % auf die Veränderung des Gehaltes von unlöslichem Pectin und zu 6,4 % auf die Veränderungen des Glucosegehaltes zurückzuführen (Tab. 17).

Tab. 17: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (nicht geschält und verpackt in Folie OPPC) bei 2°C

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Lignin	0,448**	20,1
Unlösliches Pectin	-0,229*	5,2
Fructose	-0,227*	5,2
Glucose	0,252*	6,4
Saccharose	-0,368**	13,5

Bei nicht geschält und in Folie OPPC gelagertem Spargel bei 10°C konnten nach zweitägiger Lagerdauer folgende Veränderungen der Parameter beobachtet werden: Die Texturwerte nahmen tendenziell bis zum zweiten und nochmals bis zum vierten Lagertag ab. Wasserlösliches Pectin, Fructose und Glucose nahmen bis zum zweiten Lagertag ab und stiegen bis zum vierten Lagertag wieder an. EDTA-lösliches und unlösliches Pectin, Cellulose und Saccharose nahmen bis zum zweiten Lagertag zu und bis zum vierten Lagertag wieder ab. Lignin und Hemicellulose nahmen bis zum zweiten und vierten Lagertag zu (Tab. 18). Die Veränderung der Textur ist zu 6,6 % ($\alpha = 0,01$) auf die Veränderung von Hemicellulose zurückzuführen ($r = 0,257$) (Anhang Tab. 93-2-EK 01 10).

Tab. 18: Qualitätsveränderungen in Spargel (nicht geschälten, verpackt in Folie OPPC) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	-5,9	-3,2
Wasserlösliches Pectin	-4,1	23,7*
EDTA-lösliches Pectin	25,8*	-32,1*
Unlösliches Pectin	43,5*	-19,5
Lignin	8,6	25,9*
Hemicellulose	28,9*	2,7
Cellulose	0,1	-0,1
Fructose	-5,8	6,6
Glucose	-12,8	15,3
Saccharose	41,2*	-27,5*

Bei 20°C nahmen vom Erntetag bis zum vierten Lagertag die Textur und der Lignin-gehalt ab, der Gehalt von unlöslichem und wasserlöslichem Pektin, Cellulose und Saccharose zu. EDTA-lösliches Pectin und Hemicellulose nahmen bis zum zweiten Lagertag zu und dann bis zum vierten Lagertag ab. Die Gehalte von Fructose und Glucose verminderten sich bis zum zweiten Lagertag und stiegen bis zum vierten Lagertag wieder an (Tab. 19). Es konnten keine Korrelationen zur Textur gefunden werden.

Tab. 19: Qualitätsveränderungen in Spargel (nicht geschälten, verpackt in Folie OPPC) während der Lagerung bei 20°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	-4,6	-8,5
Wasserlösliches Pectin	keine Veränderungen	10,5
EDTA-lösliches Pectin	9,6	-28,6*
Unlösliches Pectin	9,7	5,7
Lignin	-22,7*	-17,5
Hemicellulose	35,0*	-35,0*
Cellulose	12,5	18,1
Fructose	-7,6	3,2
Glucose	-29,0*	22,9*
Saccharose	19,3*	38,8*

3.3.2 PP

Im Jahre 2002 wurde bei nicht geschält in Folie PP verpackt, bei 10°C gelagertem Spargel vom Erntetag bis zum dritten Lagertag keine Veränderungen der Textur gemessen. Die Gehalte von wasserlöslichem Pectin, Hemicellulose und Cellulose nahmen bis zum dritten Lagertag zu. Unlösliches Pectin nahm bis zum zweiten Lagertag ab und vom zweiten bis zum dritten Lagertag wieder zu.

EDTA-lösliches Pectin und Saccharose nahmen bis zum dritten Lagertag ab. Bei den Gehalten von Lignin, Fructose und Glucose konnte ein Anstieg bis zum zweiten Lagertag und Abnahme der Werte bis zum dritten Lagertag beobachtet werden (Tab. 20 und Tab. 21).

Die Veränderungen der Textur korrelierten mit keinem der untersuchten Parameter (Anhang Tab. 93-5a-EK 02 10).

Tab. 20: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält und verpackt gelagert bei 10°C) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Folienverpackung

Qualitätsparameter	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)						
	0	2			3		
	Kontrolle	PP	P-Plus 2	Coating	PP	P-Plus 2	Coating
Qualitätsparameter	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE
TS (%)	7,89 ± 0,1	6,87 ± 0,0	7,69 ± 0,1	7,80 ± 0,0	6,89 ± 0,0	7,27 ± 0,0	7,50 ± 0,0
TX (-)	78,43 ± 1,4	78,80 ± 2,3	73,10 ± 2,9	80,30 ± 2,1	77,82 ± 2,1	83,00 ± 1,4	75,30 ± 1,7
WPF (mg/g TS)	8,71 ± 0,2	9,80 ± 0,1	10,00 ± 0,2	11,70 ± 0,3	10,90 ± 0,0	11,20 ± 0,4	10,80 ± 0,0
EPF (mg/g TS)	2,51 ± 0,0	2,03 ± 0,0	1,95 ± 0,0	1,90 ± 0,0	1,93 ± 0,0	1,20 ± 0,0	1,90 ± 0,0
UPF (mg/g TS)	11,90 ± 0,1	11,05 ± 0,2	12,71 ± 0,3	14,10 ± 0,3	11,34 ± 0,3	12,40 ± 0,3	14,00 ± 0,1
LIG (% l. d. TS)	1,17 ± 0,0	1,40 ± 0,01	1,46 ± 0,0	1,50 ± 0,02	1,25 ± 0,02	1,42 ± 0,1	1,57 ± 0,0
HEM (% l. d. TS)	3,10 ± 0,1	4,42 ± 0,0	3,74 ± 0,3	4,70 ± 0,0	4,46 ± 0,0	3,08 ± 0,2	3,90 ± 0,0
CEL (% l. d. TS)	7,31 ± 0,4	9,41 ± 0,0	9,23 ± 0,2	11,00 ± 0,0	9,67 ± 0,0	8,43 ± 0,2	9,35 ± 0,0
FRU (mg/g TS)	167,80 ± 4,2	204,90 ± 1,3	182,40 ± 3,0	180,10 ± 1,8	189,50 ± 1,1	166,00 ± 5,0	180,60 ± 0,8
GLU (mg/g TS)	150,50 ± 4,4	171,30 ± 1,2	149,70 ± 4,0	151,30 ± 0,6	151,30 ± 0,6	136,40 ± 4,8	148,50 ± 0,6
SAC (mg/g TS)	26, 26 ± 0,9	15,07 ± 0,4	29,20 ± 0,7	21,00 ± 0,6	11,80 ± 0,8	29,30 ± 1,4	21,30 ± 0,6

Tab. 21: Qualitätsveränderungen in Spargel (nicht geschält, verpackt in Folie PP) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T3
Textur	keine Veränderungen	keine Veränderungen
Wasserlösliches Pectin	12,51	11,43
EDTA-lösliches Pectin	-19,12	-4,93
Unlösliches Pectin	-6,83	2,62
Lignin	18,80	-10,07
Hemicellulose	42,58 *	0,90
Cellulose	28,73 *	2,76
Fructose	22,11 *	-7,52
Glucose	13,84	-9,63
Saccharose	-46,71 *	-21,70 *

3.3.3 P-Plus 2

Im Jahre 2002 wurde bei nicht geschält in Folie P-Plus 2 verpackt und bei 10°C gelagertem Spargel eine Abnahme der Textur bis zu zweiten Lagertag und Zunahme bis zum dritten Lagertag beobachtet, während unlösliches Pectin, Hemicellulose, Cellulose und Fructose bis zum zweiten Lagertag anstiegen und bis zum dritten Lagertag wieder abnahmen.

Es wurden vom Erntetag bis zum dritten Lagertag keine signifikanten Veränderungen des Saccharosegehaltes gemessen.

Der Gehalt von Glucose blieb bis zum zweiten Lagertag ohne Veränderung und nahm bis zum dritten Lagertag ab. Der Ligningehalt stieg bis zum zweiten Lagertag an und veränderte sich bis zum dritten Lagertag nicht. Der Gehalt von wasserlöslichem Pectin stieg bis zum dritten Lagertag an. Der Gehalt von EDTA-löslichem Pectin sank bis zum zweiten Lagertag und veränderte sich bis zum dritten Lagertag nicht (Tab. 22). Die Veränderungen von EDTA-löslichem Pectin, Lignin, Hemicellulose und Cellulose bis zum zweiten Lagertag und von Hemicellulose und Cellulose zwischen dem Erntetag und dem zweiten Lagertag sind signifikant ($\alpha = 0,05$). Die Veränderungen der Textur korrelierten mit keinem der beobachteten Parameter (Anhang Tab. 93-5b-EK 02 10).

Tab. 22: Qualitätsveränderungen in Spargel (nicht geschälten, verpackt in Folie P-Plus 2) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T3
Textur	-6,85	13,61
Wasserlösliches Pectin	15,15	11,76
EDTA-lösliches Pectin	-22,31 *	keine Veränderung
Unlösliches Pectin	7,17	-2,20
Lignin	24,79 *	keine Veränderung
Hemicellulose	20,65 *	-17,65
Cellulose	26,27 *	-8,67
Fructose	8,72	-8,98
Glucose	keine Veränderung	-8,90
Saccharose	keine Veränderung	keine Veränderung

3.3.4 Oberflächencoating

Im Jahre 2002 wurde bei nicht geschältem, mit Coating behandeltem und bei 10°C gelagertem Spargel bis zum zweiten Lagertag keine Veränderung der Textur beobachtet, bis zum dritten Lagertag nahm die Textur ab. Es wurden vom Erntetag bis zum dritten Lagertag keine Veränderungen des Glucosegehaltes gemessen. Der Fructosegehalt stieg bis zum zweiten Lagertag an und veränderte sich bis zum dritten Lagertag nicht. Der Gehalt von Lignin stieg bis zum zweiten und nochmals bis zum dritten Lagertag an. Der Gehalt von Saccharose sank bis zum zweiten Lagertag und veränderte sich bis zum dritten Lagertag nicht. Der Gehalt von wasserlöslichem Pectin, Hemicellulose und Cellulose stieg bis zum zweiten Lagertag an und verminderte sich bis zum dritten Lagertag. Lignin stieg bis zum dritten Lagertag an. Der Gehalt von EDTA-löslichem Pectin nahm bis zum dritten Lagertag ab (Tab. 23). Die Veränderungen von wasserlöslichem Pectin, EDTA-löslichem Pectin, Lignin, Hemicellulose, Cellulose und Saccharose bis zum zweiten Lagertag waren signifikant ($\alpha = 0,05$). Die Veränderungen der Textur korrelierten mit keinem der untersuchten Parameter (Tab. 93-5c-EK 02 10).

Tab. 23: Qualitätsveränderungen in Spargel (nicht geschält, mit Coating behandelt) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T3
Textur	keine Veränderung	-6,16
Wasserlösliches Pectin	34,10 *	-7,88
EDTA-lösliches Pectin	-23,90*	-1,57
Unlösliches Pectin	18,55	-0,92
Lignin	29,91 *	3,29
Hemicellulose	50,65 *	-16,92
Cellulose	50,75 *	-15,15
Fructose	7,33	keine Veränderung
Glucose	keine Veränderung	keine Veränderung
Saccharose	-25,39 *	keine Veränderung

3.3.5 BAW 3

Am zweiten Lagertag wurden bei 10°C Lagertemperatur gegenüber der Kontrollvariante signifikante Veränderungen des Lignins (+61,7 %), der Hemicellulose (+27,3 %) und der Saccharose (+57,9 %), bei 20°C des Lignins (+48,6 %), des EDTA-löslichen Pectins (-28,3 %), des unlöslichen Pectins (-24,5 %) und der Saccharose (+79,3 %), beobachtet.

Am vierten Lagertag wurden bei 10°C signifikante Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins (-51,0 %), des Lignins (+260,7 %) und der Saccharose (+98,1 %), beobachtet und bei 20°C Lagertemperatur signifikante Veränderungen des Lignins (+132,7 %) und der Glucose (-51,5 %) beobachtet (Tab. 24 und 25).

Tab. 24: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält und verpackt gelagert in Folie BAW 3) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur

	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)				
	0	2		4	
	Kontrolle	10°C	20°C	10°C	20°C
Qualitätsparameter	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE
TS (%)	7,23 ± 0,1	7,50 ± 0,1	7,84 ± 0,2	6,50 ± 0,1	7,40 ± 0,3
TX (-)	86,60 ± 1,8	89,00 ± 1,0	88,50 ± 0,9	90,50 ± 1,0	86,30 ± 1,3
WPF (mg/g TS)	14,40 ± 0,5	11,70 ± 0,3	11,90 ± 0,0	15,20 ± 0,5	12,80 ± 0,9
EPF (mg/gTS)	3,46 ± 0,1	2,90 ± 0,1	2,50 ± 0,0	1,68 ± 0,3	2,30 ± 0,7
UPF (mg/g TS)	12,20 ± 0,3	11,90 ± 0,6	9,22 ± 0,4	11,80 ± 0,9	11,50 ± 0,8
LIG (% i. d. TS)	1,07 ± 0,1	1,73 ± 0,1	1,60 ± 0,0	3,80 ± 0,7	2,50 ± 0,02
HEM (% i. d. TS)	5,24 ± 0,7	6,70 ± 0,9	5,30 ± 0,0	4,40 ± 0,9	5,30 ± 0,0
CEL (% i. d. TS)	9,80 ± 0,5	9,50 ± 0,4	11,20 ± 0,0	8,10 ± 1,8	11,50 ± 0,5
FRU (mg/g TS)	152,50 ± 4,4	150,40 ± 6,1	161,50 ± 0,1	155,00 ± 5,5	144,40 ± 0,9
GLU (mg/g TS)	127,40 ± 5,0	124,90 ± 8,3	147,60 ± 3,0	130,20 ± 5,2	61,80 ± 3,4
SAC (mg/g TS)	21,20 ± 1,1	33,40 ± 1,4	37,90 ± 0,0	41,90 ± 3,6	39,10 ± 3,4

Tab. 25: Qualitätsveränderungen bei 10°C und 20°C Lagertemperatur in Spargel (nicht geschält, verpackt in Folie BAW 3), (T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) ($\alpha=0,05$, Kruskal-Wallis-Test und Anschlussstest von Nemenyi)

Qualitätsparameter	T2		T4	
	10°C	20°C	10°C	20°C
Textur (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wasserlösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
EDTA-lösliches Pectin (%)	n.s.	-28,3	-51,0	n.s.
Unlösliches Pectin (%)	n.s.	-24,5	n.s.	n.s.
Lignin (%)	61,7	48,6	260,7	132,7
Hemicellulose (%)	27,3	n.s.	n.s.	n.s.
Cellulose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fructose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glucose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	-51,5
Saccharose (%)	57,9	79,3	98,1	n.s.

Im Jahre 2003 wurde bei nicht geschält, in Folie BAW 3 und bei 10°C gelagertem Spargel ein Anstieg der Hemicellulose bis zum zweiten Lagertag und die Abnahme bis zum vierten Lagertag beobachtet. Die Textur und der Gehalt von Glucose veränderten sich bis zum zweiten Lagertag nicht und stiegen bis zum vierten Lagertag an. Die Gehalte von Cellulose und unlöslichem Pectin veränderten sich bis zum zweiten Lagertag nicht und nahmen bis zum vierten Lagertag ab.

Vom Erntetag bis zum vierten Lagertag nahmen die Gehalte von Saccharose und Lignin zu während der Gehalt von EDTA-löslichem Pectin abnahm. Bei wasserlöslichem Pectin konnte eine Abnahme bis zum zweiten Lagertag und Zunahme des Gehaltes bis zum vierten Lagertag beobachtet werden. Der Fructosegehalt veränderte sich bis zum vierten Lagertag nicht (Tab. 26).

Die Veränderungen der Texturwerte lassen sich zu 4 % ($\alpha = 0,01$) auf die Veränderung des Ligningehaltes zurückführen ($r = 0,218$) (Anhang Tab. 93-9-EK 03 10)

Tab. 26: Qualitätsveränderungen in Spargel (nicht geschält, verpackt in Folie BAW 3) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	keine Veränderung	1,7
Wasserlösliches Pectin	-18,7	29,8 *
EDTA-lösliches Pectin	-17,1	-41,5 *
Unlösliches Pectin	keine Veränderung	-0,3
Lignin	61,7 *	123,1 *
Hemicellulose	27,3 *	-34,8
Cellulose	keine Veränderung	-15,0
Fructose	keine Veränderung	keine Veränderung
Glucose	keine Veränderung	4,3
Saccharose	57,9 *	25,5 *

Bei 20°C konnte ein Anstieg von Fructose und Glucose bis zum zweiten Lagertag und Abnahme der Gehalte bis zum vierten Lagertag beobachtet werden. Die Textur und die Gehalte von Hemicellulose veränderten sich bis zum vierten Lagertag nicht. Vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag nahmen die Gehalte von wasserlöslichem und unlöslichem Pectin ab und nahmen bis zum vierten Lagertag wieder zu. Vom Erntetag bis zum vierten Lagertag nahmen die Gehalte von Lignin, Cellulose und Saccharose zu (Tab. 27).

Tab. 27: Qualitätsveränderungen in Spargel (nicht geschält, verpackt in Folie BAW 3) während der Lagerung bei 20°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	keine Veränderung	keine Veränderung
Wasserlösliches Pectin	-16,6	7,0
EDTA-lösliches Pectin	-28,3 *	-6,5
Unlösliches Pectin	-24,5 *	25,2 *
Lignin	48,6 *	56,6 *
Hemicellulose	keine Veränderung	keine Veränderung
Cellulose	14,5	2,9
Fructose	5,9	-10,6
Glucose	15,9	-58,1 *
Saccharose	79,3 *	2,8

Die Veränderungen der Texturwerte lassen sich zu 13,9 % ($\alpha = 0,01$) auf die Veränderung des Gehaltes von Hemicellulose und zu 5,9 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung von Cellulose zurückführen (Tab. 28).

Tab. 28: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (nicht geschält, verpackt in Folie BAW 3) bei 20°C

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Hemicellulose	-0,373**	13,9
Cellulose	0,243*	5,9

3.4 Einfluss der Folienverkaufsverpackung und Lagertemperatur auf Qualitätsparameter von geschältem Spargel

3.4.1 OPPC

Am zweiten Lagertag wurden bei 2°C Lagertemperatur gegenüber der Kontrollvariante signifikante Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins (+22,5 %), der Hemicellulose (+25,8 %), der Saccharose (-31,1 %), der Cellulose (+66,8 %), bei 10°C signifikante Veränderungen des Lignins (+26,4 %), bei 20°C Lagertemperatur signifikante Veränderungen von unlöslichem Pectin (28,8 %), Lignin (-31,1 %), der Glucose (-64,3 %) und der Cellulose (+31,1 %) beobachtet (Tab. 29 und Tab. 30). Am vierten Lagertag wurden bei 2°C signifikante Veränderungen des Lignins (-51,4 %), der Cellulose (+31,4 %) und der Saccharose (+22,9 %), bei 10°C signifikante Veränderungen der des Lignins (+50,7 %), der Hemicellulose (-21,8 %) und bei 20°C Lagertemperatur signifikante Veränderungen der Cellulose (+145,9 %) festgestellt. Alle anderen Qualitätsparameter zeigten keine signifikanten Veränderungen.

Tab. 29: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält und verpackt gelagert in Folie OPPC) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur

	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)						
	0	2			4		
	Kontrolle	2°C	10°C	20°C	2°C	10°C	20°C
Qualitätsparameter	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE
TS (%)	6,41 ± 0,1	6,33 ± 0,1	6,50 ± 0,2	6,40 ± 0,2	6,40 ± 0,2	6,06 ± 0,1	5,85 ± 0,3
TX (-)	78,40 ± 2,2	90,50 ± 1,1	78,40 ± 2,0	86,80 ± 1,1	81,30 ± 2,7	81,40 ± 2,2	71,57 ± 6,3
WPF (mg/g TS)	8,47 ± 0,1	9,04 ± 0,1	7,50 ± 0,0	9,95 ± 0,2	8,93 ± 0,2	10,20 ± 0,2	8,96 ± 0,6
EPF (mg/g TS)	2,09 ± 0,0	2,56 ± 0,0	1,80 ± 0,6	1,91 ± 0,9	2,13 ± 0,0	1,95 ± 0,0	3,63 ± 0,8
UPF (mg/g TS)	11,40 ± 0,5	11,80 ± 0,1	12,20 ± 0,3	14,70 ± 0,6	10,59 ± 0,4	11,26 ± 0,2	9,97 ± 0,9
LIG (% l. d. TS)	1,48 ± 0,1	1,60 ± 0,0	1,90 ± 0,0	0,99 ± 0,0	0,72 ± 0,0	2,20 ± 0,08	1,19 ± 0,1
HEM (% l. d. TS)	3,12 ± 0,0	4,01 ± 0,1	2,90 ± 0,0	3,52 ± 0,0	3,10 ± 0,1	2,44 ± 0,0	3,24 ± 0,6
CEL (% l. d. TS)	6,63 ± 0,0	11,06 ± 0,0	7,02 ± 0,0	8,70 ± 0,1	8,71 ± 0,0	7,86 ± 0,0	16,34 ± 0,1
FRU (mg/g TS)	153,10 ± 0,0	129,50 ± 0,7	155,00 ± 2,1	154,70 ± 6,0	156,10 ± 10,0	164,40 ± 2,4	144,51 ± 9,9
GLU (mg/g TS)	98,17 ± 0,0	88,93 ± 0,3	88,0 ± 2,4	90,20 ± 4,9	103,06 ± 7,1	109,90 ± 1,6	80,48 ± 8,1
SAC (mg/g TS)	39,80 ± 0,3	27,40 ± 0,0	39,3 ± 0,6	33,77 ± 1,7	48,91 ± 1,8	33,60 ± 0,6	34,62 ± 4,1

Tab. 30: Signifikante Qualitätsveränderungen von Spargel (geschält, verpackt in Folie OPPC) (T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung). in Abhängigkeit von der Lagerdauer und Lagertemperatur ($\alpha = 0,05$, Kruskal-Wallis-Test und Anschlussstest von Nemenyi)

Qualitätsparameter	T2			T4		
	2°C	10°C	20°C	2°C	10°C	20°C
Textur (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wasserlösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
EDTA-lösliches Pectin (%)	22,5	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Unlösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	28,8	n.s.	n.s.	n.s.
Lignin (%)	n.s.	26,4	-31,1	-51,4	50,7	n.s.
Hemicellulose (%)	28,5s	n.s.	n.s.	n.s.	-21,8	n.s.
Cellulose (%)	66,8	n.s.	31,1	31,4	n.s.	145,9
Fructose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glucose (%)	n.s.	n.s.	-64,3	n.s.	n.s.	n.s.
Saccharose (%)	-31,1	n.s.	n.s.	22,9	n.s.	n.s.

Bei geschält in Folie OPPC verpacktem und bei 2°C gelagertem Spargel wurde vom Erntetag bis zum vierten Lagertag keine Veränderung der Trockensubstanz (Tab. 29) gemessen. Die Gehalte von wasserlöslichem und EDTA-löslichem Pectin, Hemicellulose, Cellulose stiegen vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag an und nahmen dann bis zum vierten Lagertag ab. Die Gehalte von Lignin und unlöslichem

Pectin zeigten bis zum zweiten Lagertag keine Veränderungen und nahmen dann ab. Der Gehalt von Cellulose stieg bis zum zweiten Lagertag an und nahm bis zum vierten Lagertag ab, während die Textur und die Gehalte von Fructose, Glucose und Saccharose bis zum zweiten Lagertag abnahmen und bis zum vierten Lagertag wieder anstiegen (Tab. 31).

Tab. 31: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie OPPC) während der Lagerung bei 2°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	-1,3	1,1
Wasserlösliches Pectin	6,7	-1,2
EDTA-lösliches Pectin	22,5 *	-16,8
Unlösliches Pectin	keine Veränderungen	-10,3
Lignin	keine Veränderungen	-54,4*
Hemicellulose	28,5 *	-22,7*
Cellulose	66,8 *	-21,2 *
Fructose	-15,4	20,5 *
Glucose	-9,4	15,9
Saccharose	-31,1 *	78,3 *

Die Veränderungen der Texturwerte bei 2°C Lagertemperatur lassen sich zu 16,7 % ($\alpha = 0,01$) mit der Veränderung des Gehaltes von Hemicellulose, zu 14,8 % mit der Veränderung des Gehaltes von Cellulose und zu 6 % aus der Veränderung der Saccharosegehalte erklären. Die Veränderung der Textur lässt sich zu 5 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung des Gehaltes von unlöslichem Pectin zurückführen (Tab. 32).

Tab. 32: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (geschält, verpackt in Folie OPPC) bei 2°C

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Hemicellulose	0,409**	16,7
Unlösliches Pectin	0,224*	5,0
Cellulose	0,386**	14,8
Saccharose	-0,246**	6,0

Bei einer Lagertemperatur von 10°C konnte bis zum zweiten Lagertag eine Abnahme der Gehalte an EDTA-löslichem Pectin, wasserlöslichem Pectin und Glucose beobachtet werden. Bis zum vierten Lagertag nahmen die vorgenannten Qualitätspara-

meter wieder zu. Unlösliches Pectin nahm bis zum zweiten Lagertag zu und dann bis zum vierten Lagertag ab. Lignin, Cellulose und Fructose stiegen bis zum zweiten und vierten Lagertag an. Hemicellulose und Saccharose nahmen von der Einlagerung bis zum vierten Lagertag ab (Tab. 33).

Tab. 33: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie OPPC) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	0,1	3,8
Wasserlösliches Pectin	-11,6	36,4 *
EDTA-lösliches Pectin	-15,3	10,2
Unlösliches Pectin	6,5	-7,6
Lignin	26,4*	19,3
Hemicellulose	-7,4	-15,6
Cellulose	5,9	12,0
Fructose	1,1	6,2
Glucose	-10,3	24,9*
Saccharose	-1,3	-14,3

Die Veränderungen der Texturwerte lassen sich zu 5 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung des Gehaltes von wasserlöslichem Pectin zurückführen ($r = 0,222$) (Anhang Tab. 93-3 EK 01 10)

Bei der Lagertemperatur von 20°C blieben die Gehalte von Trockensubstanz bis zum zweiten Lagertag gleich und nahmen bis zum vierten Lagertag ab (Tab. 29), während im gleichen Zeitraum das unlösliche Pectin und die Hemicellulose erst zu- und dann abnahmen. Wasserlösliches und unlösliches Pectin, Hemicellulose, Cellulose und Glucose nahmen bis zum zweiten Lagertag zu und bis zum vierten Lagertag signifikant ab. Lignin und Saccharose nahmen bis zum zweiten Lagertag ab und bis zum vierten Lagertag zu. Die Textur veränderte sich bis zum zweiten Lagertag nicht und nahm bis zum vierten Lagertag ab (Tab. 34).

Tab. 34: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie OPPC) während der Lagerung bei 20°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	keine Veränderungen	-17,6
Wasserlösliches Pectin	17,5	-9,9
EDTA-lösliches Pectin	-6,7	86,2 *
Unlösliches Pectin	28,8 *	-32,4
Lignin	-33,1*	20,2
Hemicellulose	12,8	-8,0
Cellulose	31,1 *	88,0*
Fructose	-64,3 *	-6,6
Glucose	-8,1	-10,8
Saccharose	-15,1	2,5

Die Veränderungen der Textur bei 20°C Lagertemperatur sind zu 9,1 % ($\alpha = 0,01$) auf die Veränderungen des Gehaltes von wasserlöslichem Pectin, zu 7,2 % auf die Veränderung des Gehaltes von Lignin, zu 7,1 % auf die Veränderung des Gehaltes von unlöslichem Pectin und zu 5 % auf die Veränderung des Gehaltes von EDTA-löslichem Pectin zurückzuführen (Tab. 35).

Tab. 35: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (geschält, verpackt in Folie OPPC) bei 20°C

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Wasserlösliches Pectin	0,310**	9,1
EDTA-lösliches Pectin	-0,224**	5,0
Unlösliches Pectin	0,267**	7,1
Lignin	-0,269**	7,2

3.4.2 BAW 1

Am zweiten Lagertag wurden bei 2°C Lagertemperatur gegenüber der Kontrollvariante Veränderungen des Lignins (-44,6 %), des unlöslichen Pectins (+34,4 %) und der Glucose (-27,8 %), bei 10°C signifikante Veränderungen des Lignins (+20,9 %), bei 20°C Lagertemperatur signifikante Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins (-26,8 %), des Lignins (-43,2 %), und der Cellulose (+21,0 %) beobachtet.

Am vierten Lagertag wurden bei 2°C signifikante Veränderungen des Lignins (-75,0 %), der Hemicellulose (+31,4 %), der Cellulose (+28,1 %), und bei 20°C Lagertemperatur signifikante Veränderungen des Lignins (-57,4 %) und der Cellulose (+51,0 %) festgestellt (Tab.36 und Tab. 37). Alle anderen Qualitätsparameter zeigten keine signifikanten Veränderungen.

Tab. 36: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält und verpackt gelagert in Folie BAW 1) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur

	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur(°C)						
	0	2			4		
	Kontrolle	2°C	10°C	20°C	2°C	10°C	20°C
Qualitätsparameter	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE
TS (%)	6,41 ± 0,0	6,50 ± 0,2	6,50 ± 0,2	6,2 ± 0,1	6,30 ± 0,2	6,73 ± 0,4	6,17 ± 0,0
TX (-)	78,40 ± 2,2	89,90 ± 1,2	85,60 ± 2,6	79,9 ± 2,2	76,90 ± 2,6	79,35 ± 2,4	82,50 ± 1,3
WPF (mg/g TS)	8,47 ± 0,1	8,85 ± 0,1	7,10 ± 0,07	9,27 ± 0,2	8,73 ± 0,1	8,76 ± 0,1	10,25 ± 0,3
EPF (mg/g TS)	2,09 ± 0,0	2,46 ± 0,0	1,80 ± 0,0	1,53 ± 0,01	1,66 ± 0,01	2,05 ± 0,1	2,16 ± 0,0
UPF (mg/g TS)	11,44 ± 0,5	15,40 ± 0,3	11,30 ± 0,2	12,4 ± 0,3	10,14 ± 0,0	11,10 ± 0,0	10,70 ± 0,2
LIG (% l. d. TS)	1,48 ± 0,1	0,82 ± 0,0	1,80 ± 0,0	0,84 ± 0,0	0,37 ± 0,01	2,21 ± 0,1	0,63 ± 0,0
HEM (% l. d. TS)	3,12 ± 0,0	3,20 ± 0,0	2,90 ± 0,0	3,64 ± 0,0	2,14 ± 0,0	3,04 ± 0,0	2,61 ± 0,0
CEL (% l. d. TS)	6,63 ± 0,0	7,80 ± 0,0	7,50 ± 0,0	8,02 ± 0,0	8,49 ± 0,0	7,57 ± 0,0	10,01 ± 0,0
FRU (mg/g TS)	153,10 ± 0,9	131,00 ± 0,1	156,00 ± 2,3	155,1 ± 0,9	154,2 ± 2,3	143,00 ± 0,8	149,50 ± 2,1
GLU (mg/g TS)	98,20 ± 0,2	70,90 ± 0,0	90,00 ± 2,1	84,8 ± 1,3	100,04 ± 2,3	89,30 ± 0,9	89,20 ± 1,6
SAC (mg/g TS)	39,79 ± 0,3	37,7 ± 1,2	44,20 ± 2,8	37,5 ± 0,0	46,41 ± 0,0	42,10 ± 0,5	33,56 ± 1,4

Tab. 37: Signifikante Qualitätsveränderungen bei 2°C, 10°C und 20°C Lagertemperatur in Spargel (geschält, verpackt in Folie BAW 1), (T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) ($\alpha = 0,05$, Kruskal-Wallis-Test und Anschlussstest von Nemenyi)

Qualitätsparameter	T2			T4		
	2°C	10°C	20°C	2°C	10°C	20°C
Textur (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wasserlösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
EDTA-lösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	-26,8	n.s.	n.s.	n.s.
Unlösliches Pectin (%)	34,4	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lignin (%)	-44,6	20,9	-43,2	-75,0	n.s.	-57,4
Hemicellulose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	-31,4	n.s.	n.s.
Cellulose (%)	n.s.	n.s.	21,0	28,1	n.s.	51,0
Fructose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glucose (%)	-27,8	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Saccharose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Im Jahre 2001 wurde bei geschält in Folie BAW 1 verpackt, bei 2°C gelagertem Spargel bis zum zweiten Lagertag eine Zunahme der Texturwerte, des EDTA-löslichen und unlöslichen Pectins und der Hemicellulose gemessen. Vom zweiten bis zum vierten Lagertag nahmen die Werte wieder ab. Fructose, Glucose und Saccharose nahmen im gleichen Zeitraum erst ab und dann wieder zu. Der Ligningehalt verminderte sich signifikant bis zum zweiten und nochmals bis zum vierten Lagertag. Wasserlösliches Pectin stieg bis zum zweiten Lagertag an und blieb bis zum vierten Lagertag unverändert. Cellulose stieg bis zum zweiten und nochmals bis zum vierten Lagertag an (Tab. 38).

Tab. 38: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie BAW 1) während der Lagerung bei 2°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	14,7	-14,4
Wasserlösliches Pectin	4,5	keine Veränderung
EDTA-lösliches Pectin	17,7	-32,5
Unlösliches Pectin	34,4 *	-34,1 *
Lignin	-44,6 *	-54,9 *
Hemicellulose	2,6	-33,1 *
Cellulose	17,5	9,0
Fructose	-14,4	17,8
Glucose	-27,8 *	41,2 *
Saccharose	-5,4	23,3 *

Die Veränderungen der Textur lassen sich zu 13 % ($\alpha = 0,01$) mit der Veränderung des Gehaltes von Hemicellulose und zu 12,9 % mit der Veränderung des Fructosegehaltes erklären. Die Veränderung der Textur ist zu 17,3 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung des Gehaltes von unlöslichem Pectin, zu 13,4 % auf die Veränderung des Gehaltes von Glucose, zu 3,9 % auf die Veränderung des Gehaltes von Saccharose und zu 3,5 % auf die Veränderung von EDTA-löslichem Pectin zurückzuführen (Tab. 39).

Tab. 39: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (geschält, verpackt in Folie BAW 1) bei 2°C

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Hemicellulose	0,361**	13,0
Fructose	0,360**	12,9
Unlösliches Pectin	0,416*	17,3
Glucose	-0,367*	13,4
Saccharose	-0,199*	3,9
EDTA-lösliches Pectin	0,189 *	3,5

Bei einer Lagertemperatur von 10°C konnten ab Erntetag bis zum vierten Lagertag keine Veränderungen des unlöslichen Pectins beobachtet werden. Die Texturwerte und der Gehalt von Saccharose nahmen bis zum zweiten Lagertag zu und bis zum vierten Lagertag ab. Hemicellulose, wasserlösliches und EDTA-lösliches Pectin und zeigten bis zum zweiten Lagertag Abnahme und bis zum vierten Lagertag Zunahme der Gehalte.

Der Gehalt von Fructose blieb bis zum zweiten Lagertag ohne Veränderung und nahm bis zum vierten Lagertag ab. Der Glucosegehalt nahm bis zum zweiten und vierten Lagertag ab. Lignin und Cellulose stiegen bis zum vierten Lagertag an (Tab. 40).

Tab. 40: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie BAW 1) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	9,3	-7,3
Wasserlösliches Pectin	-15,7	22,7 *
EDTA-lösliches Pectin	-13,9	13,9
Unlösliches Pectin	keine Veränderung	keine Veränderung
Lignin	20,9 *	23,5 *
Hemicellulose	-8,7	6,7
Cellulose	13,3	0,8
Fructose	keine Veränderung	-8,7
Glucose	-8,3	-0,8
Saccharose	11,1	-4,7

Die Veränderungen der Texturwerte (10°C Lagertemperatur) lassen sich zu 5,3 % ($\alpha = 0,01$) mit der Veränderung des Gehaltes von wasserlöslichem Pectin und zu 5,3 % mit der Veränderung des Hemicellulosegehaltes erklären (Tab. 41).

Tab. 41: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (geschält, verpackt in Folie BAW 1) bei 10°C (Anhang: Tab. 93-4-EK 01 10)

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Wasserlösliches Pectin	-0,231**	5,3
Hemicellulose	-0,231**	5,3

Bei der Lagertemperatur von 20°C nahmen die Gehalte von EDTA-löslichem Pectin und Glucose bis zum zweiten Lagertag ab und stiegen bis zum vierten Lagertag wieder an. Die Texturwerte zeigten bis zum zweiten Lagertag keine Veränderung und stiegen dann an. Der Fructosegehalt veränderte sich bis zum zweiten Lagertag nicht und nahm bis zum vierten Lagertag ab.

Unlösliches Pectin und Hemicellulose nahmen bis zum zweiten Lagertag zu und nahmen bis zum vierten Lagertag ab, Saccharose nahm vom Erntetag bis zum vierten Lagertag ab. Cellulose und wasserlösliches Pectin stiegen bis zum zweiten und vierten Lagertag an. Lignin nahm bis zum zweiten Lagertag und nochmals bis zum vierten Lagertag ab (Tab. 42). Die Veränderung der Textur ist zu 5 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung des Gehaltes von unlöslichem Pectin zurückzuführen ($r = 0,226$).

Tab. 42: Veränderungen der Qualitätsparameter in Spargel (geschält, verpackt in Folie BAW 1) während der Lagerung bei 20°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	keine Veränderung	3,2
Wasserlösliches Pectin	9,4	10,6
EDTA-lösliches Pectin	-26,8 *	41,2 *
Unlösliches Pectin	8,0	-14,0
Lignin	-43,2 *	-25,0 *
Hemicellulose	16,7	-28,3 *
Cellulose	21,0 *	24,8 *
Fructose	keine Veränderung	-3,6
Glucose	-13,7	5,3
Saccharose	-5,8	-10,5

3.4.3 PP

Am zweiten Lagertag wurden bei 10°C Lagertemperatur gegenüber der Kontrollvariante signifikante Veränderungen der Hemicellulose (+31,1 %) und Glucose (+20,9 %), bei 20°C signifikante Veränderungen von unlöslichem Pectin (43,7 %), der Hemicellulose (+36,7 %), der Saccharose (+32,7 %) und der Cellulose (+27,8 %) beobachtet. Am dritten Lagertag wurden bei 10°C signifikante Veränderungen der Cellulose (+24,8 %) und bei 20°C Lagertemperatur signifikante Veränderungen wasserlöslichen Pectins (+24,4 %), des unlöslichen Pectins (+59,1 %), des Lignins (+68,0 %), der Cellulose (+27,2 %) und der Glucose (-44,3 %) festgestellt (Tab. 43 und 44).

Tab. 43: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält und verpackt in Folie PP) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur

	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)				
	0	2		3	
	Kontrolle	10°C	20°C	10°C	20°C
Qualitätsparam.	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE
TS (%)	7,64 ± 0,3	6,50 ± 0,04	6,30 ± 0,1	6,80 ± 0,0	5,90 ± 0,0
TX (-)	57,18 ± 2,1	51,40 ± 2,4	54,15 ± 1,8	53,10 ± 1,3	53,70 ± 1,2
WPF (mg/g TS)	8,37 ± 0,2	8,39 ± 0,2	9,95 ± 0,24	8,73 ± 0,0	10,41 ± 0,1
EPF (mg/gTS)	2,14 ± 0,1	1,76 ± 0,0	2,15 ± 0,07	2,07 ± 0,0	2,50 ± 0,
UPF (mg/g TS)	10,80 ± 0,2	11,60 ± 0,2	15,50 ± 0,2	15,70 ± 0,4	17,20 ± 0,4
LIG (% i. d. TS)	0,75 ± 0,0	0,72 ± 0,0	0,78 ± 0,0	0,83 ± 0,0	1,26 ± 0,0
HEM (% i. d. TS)	2,64 ± 0,1	3,50 ± 0,0	3,61 ± 0,0	3,30 ± 0,1	1,84 ± 0,0
CEL (% i. d. TS)	6,44 ± 0,0	6,46 ± 0,0	8,23 ± 0,0	8,04 ± 0,0	8,19 ± 0,0
FRU (mg/g TS)	164,60 ± 9,9	183,70 ± 1	186,80 ± 2,0	203,90 ± 2,0	138,70 ± 0,9
GLU (mg/g TS)	159,80 ± 9,3	193,20 ± 2,7	129,40 ± 2,6	164,30 ± 2,0	89,00 ± 1,0
SAC (mg/g TS)	27,80 ± 1,5	27,40 ± 1,5	36,90 ± 0,8	25,04 ± 0,5	27,70 ± 0,5

Tab. 44: Qualitätsveränderungen bei 10°C und 20°C Lagertemperatur in Spargel (geschält, verpackt in Folie PP), (T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung) ($\alpha = 0,05$, Kruskal-Wallis-Test und Anschlussstest von Nemenyi)

Qualitätsparameter	T2		T3	
	10°C	20°C	10°C	20°C
Textur (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wasserlösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	24,4
EDTA-lösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Unlösliches Pectin (%)	n.s.	43,7	n.s.	59,1
Lignin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	68,0
Hemicellulose (%)	31,1	36,7	n.s.	n.s.
Cellulose (%)	n.s.	27,8	24,8	27,2
Fructose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glucose (%)	20,9	n.s.	n.s.	-44,3
Saccharose (%)	n.s.	32,7	n.s.	n.s.

Bei geschält in Folie PP verpackt und bei 10°C gelagertem Spargel wurde eine Abnahme des EDTA-löslichen Pectins bis zum zweiten Lagertag und Zunahme bis zum dritten Lagertag beobachtet.

Die Texturwerte, EDTA-lösliches Pectin und Lignin nahmen bis zum zweiten Lagertag ab und stiegen bis zum dritten Lagertag wieder an. Die Gehalte von wasserlöslichem Pectin und Cellulose veränderten sich bis zum zweiten Lagertag nicht und stiegen bis zum vierten Lagertag an. Bei den Gehalten von unlöslichem Pectin und Fructose konnte ein Anstieg bis zum dritten Lagertag ermittelt werden. Hemicellulose nahm bis zum zweiten Lagertag zu und bis zum dritten Lagertag wieder ab. Bei Glucose konnte ein Anstieg bis zum zweiten Lagertag und Abnahme der Gehalte bis zum dritten Lagertag beobachtet werden (Tab. 45). Die Veränderungen der Textur korrelierten mit keinem der untersuchten Parameter (Anhang Tab. 93-6 EK 02 10).

Tab. 45: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie PP) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T3
Textur	-10,0	3,2
Wasserlösliches Pectin	keine Veränderung	4,1
EDTA-lösliches Pectin	-17,8	17,6
Unlösliches Pectin	6,9	35,6 *
Lignin	-4,0	15,3
Hemicellulose	31,1 *	-3,8
Cellulose	keine Veränderung	24,5 *
Fructose	11,6	11,0
Glucose	20,9 *	-15,0
Saccharose	-1,5	-8,7

Bei 20°C wurden vom Erntetag bis zum dritten Lagertag in PP keine Veränderungen der Textur gemessen. Der Gehalt von EDTA-löslichem Pectin und Lignin blieb bis zum zweiten Lagertag unverändert und stieg bis zum dritten Lagertag an. Unlösliches Pectin stieg bis zum dritten Lagertag an. Bei Hemicellulose, Fructose und Saccharose konnte ein Anstieg bis zum zweiten Lagertag und Abnahme der Gehalte bis zum dritten Lagertag beobachtet werden. Cellulose stieg bis zum zweiten Lagertag an und veränderte sich bis zum dritten Lagertag nicht. Vom Erntetag bis zum dritten Lagertag wurde eine Verringerung des Glucosegehaltes gemessen (Tab. 46). Es

konnte keine Korrelation der Textur mit einem der untersuchten Parameter beobachtet werden.

Tab. 46: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie PP) während der Lagerung bei 20°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T3
Textur	keine Veränderung	keine Veränderung
Wasserlösliches Pectin	18,9	4,6
EDTA-lösliches Pectin	keine Veränderung	16,3
Unlösliches Pectin	43,7 *	10,7
Lignin	keine Veränderung	61,5 *
Hemicellulose	36,7 *	-49,0 *
Cellulose	27,8 *	keine Veränderung
Fructose	13,5	-25,8 *
Glucose	-19,0	-31,2 *
Saccharose	32,7 *	-25,0 *

3.4.4 P-Plus 2

Am zweiten Lagertag wurden bei 10°C Lagertemperatur gegenüber der Kontrollvariante signifikante Veränderungen des wasserlöslichen Pectins (+32,4 %), des unlöslichen Pectins (+39,4 %), der Hemicellulose (+26,5 %) und der Cellulose (+20,0 %) und bei 20°C signifikante Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins (-39,7 %), des unlöslichen Pectins (+36,0 %), der Hemicellulose (+42,8 %), der Cellulose (+23,1 %) und der Saccharose (+33,0 %) beobachtet.

Am dritten Lagertag wurden bei 10°C signifikante Veränderungen des wasserlöslichen Pectins (+20,3 %) und der Cellulose (+11,0 %) und bei 20°C Lagertemperatur signifikante Veränderungen des unlöslichen Pectins (+23,5 %), des Lignins (+38,7 %) und der Cellulose (25,9 %) festgestellt (Tab. 47 und 48).

Tab. 47: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält und verpackt in Folie P-Plus 2) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur

	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)				
	0	2		3	
	Kontrolle	10°C	20°C	10°C	20°C
Qualitätsparameter	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE
TS (%)	7,64 ± 0,3	7,74 ± 0,3	6,90 ± 0,2	7,20 ± 0,3	6,90 ± 0,2
TX (-)	57,18 ± 2,1	52,40 ± 2,2	56,50 ± 3,1	57,90 ± 1,9	55,12 ± 2,0
WPF (mg/g TS)	8,37 ± 0,2	11,80 ± 0,3	9,01 ± 0,3	10,10 ± 0,1	9,60 ± 0,4
EPF (mg/g TS)	2,14 ± 0,1	1,90 ± 0,1	1,30 ± 0,0	1,74 ± 0,0	1,50 ± 0,0
UPF (mg/g TS)	10,80 ± 0,2	15,10 ± 0,3	14,70 ± 0,2	11,30 ± 0,3	13,4 ± 0,4
LIG (% i. d. TS)	0,75 ± 0,0	0,77 ± 0,0	0,83 ± 0,0	0,72 ± 0,0	1,04 ± 0,0
HEM (% i. d. TS)	2,64 ± 0,1	3,34 ± 0,14	3,80 ± 0,1	3,21 ± 0,04	1,90 ± 0,0
CEL (% i. d. TS)	6,44 ± 0,02	7,70 ± 0,1	7,90 ± 0,0	7,20 ± 0,05	8,10 ± 0,1
FRU (mg/g TS)	164,60 ± 9,9	183,20 ± 8,3	188,80 ± 9,3	160,70 ± 8,4	162,40 ± 6,3
GLU (mg/g TS)	159,80 ± 9,3	142,50 ± 7,6	153,50 ± 11,0	144,00 ± 8,6	128,90 ± 7,5
SAC (mg/g TS)	27,80 ± 1,5	32,90 ± 1,9	37,02 ± 0,8	23,70 ± 1,0	36,10 ± 1,1

Tab. 48: Signifikante Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie P-Plus 2), (T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung). ($\alpha = 0,05$ Kruskal-Wallis-Test und Anschlussstest von Nemenyi)

Qualitätsparameter	T2		T3	
	10°C	20°C	10°C	20°C
Textur (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wasserlösliches Pectin (%)	32,4	n.s.	20,3	n.s.
EDTA-lösliches Pectin (%)	n.s.	-39,7	n.s.	n.s.
Unlösliches Pectin (%)	39,4	36,0	n.s.	23,5
Lignin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	38,7
Hemicellulose (%)	26,5	42,8	n.s.	n.s.
Cellulose (%)	20,0	23,1	11,0	25,9
Fructose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glucose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Saccharose (%)	n.s.	33,0	n.s.	n.s.

Es wurde bei geschält in Folie P-Plus 2 verpackt und bei 10°C gelagertem Spargel. bei der Textur und dem Glucosegehalt eine Abnahme bis zum zweiten Lagertag und dann Zunahme bis zum dritten Lagertag festgestellt. Bei wasserlöslichem Pectin, unlöslichem Pectin, Lignin, Cellulose, Hemicellulose, Fructose und Saccharose konnte ein Anstieg bis zum zweiten Lagertag und Ab-

nahme der Gehalte bis zum dritten Lagertag beobachtet werden. Vom Erntetag bis zum dritten Lagertag nahmen die Gehalte von EDTA-löslichem Pectin ab (Tab. 49).

Tab. 49: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie P-Plus 2) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T3
Textur	-8,3	10,6
Wasserlösliches Pectin	32,4 *	-9,1
EDTA-lösliches Pectin	-10,7	-8,9
Unlösliches Pectin	39,4 *	-25,4 *
Lignin	2,7	-6,5
Hemicellulose	26,5 *	-3,9
Cellulose	20,0 *	-7,5
Fructose	11,3	-12,2
Glucose	-10,8	1,1
Saccharose	18,1	-28,0 *

Die Veränderungen der Textur sind zu 7,1 % ($\alpha = 0,01$) auf die Veränderungen des unlöslichen Pectins, zu 5,5 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung des Gehaltes von Saccharose und zu 4,0 % auf die Veränderung des Gehaltes von Glucose zurückzuführen (Tab. 50).

Tab. 50: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (geschält, verpackt in Folie P-Plus 2) bei 10°C (Anhang Tab. 93-7-EK 02 10)

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Unlösliches Pectin	-0,267**	7,1
Saccharose	-0,235*	5,5
Glucose	-0,201*	4,0

Bei 20°C wurden vom Erntetag bis zum dritten Lagertag keine Veränderungen der Textur gemessen.

Saccharose nahm bis zum zweiten Lagertag zu und veränderte sich dann nicht mehr. Vom Erntetag bis zum dritten Lagertag nahmen die Gehalte von wasserlöslichem Pectin, Lignin und Cellulose zu. Der Gehalt von EDTA-löslichem Pectin nahm bis zum zweiten Lagertag ab und stieg bis zum dritten Lagertag wieder an. Bei unlöslichem Pectin, Hemicellulose, Fructose konnte ein Anstieg bis zum zweiten Lagertag

und Abnahme der Gehalte bis zum dritten Lagertag beobachtet werden. Der Gehalt von Glucose veränderte sich bis zum zweiten Lagertag nicht und nahm bis zum dritten Lagertag ab (Tab. 51).

Tab. 51: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie P-Plus 2) während der Lagerung bei 20°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T3
Textur	keine Veränderung	keine Veränderung
Wasserlösliches Pectin	7,6	6,4
EDTA-lösliches Pectin	-39,7*	17,1
Unlösliches Pectin	36,0 *	-9,2
Lignin	10,7	25,3 *
Hemicellulose	42,8 *	-48,0 *
Cellulose	23,1 *	2,3
Fructose	14,7	-14,0
Glucose	keine Veränderung	-16,1
Saccharose	33,0 *	keine Veränderung

Die Veränderungen der Textur sind zu 6,9 % ($\alpha = 0,01$) auf die Veränderungen des Glucosegehaltes und zu 5,4 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung des Gehaltes von Lignin, zu 5,2 % auf die Veränderung des Gehaltes von Fructose, zu 4,7 % auf die Veränderung des Gehaltes von wasserlöslichem Pectin und zu 4,4 % auf die Veränderung des Hemicellulosegehaltes zurückzuführen (Tab. 52).

Tab. 52: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (geschält, verpackt in Folie P-Plus 2) bei 20°C

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Glucose	-0,263 **	6,9
Lignin	-0,233*	5,4
Fructose	-0,230*	5,2
Wasserlösliches Pectin	0,218*	4,7
Hemicellulose	-0,211*	4,4

3.4.5 Oberflächencoating

Am zweiten Lagertag wurden bei 10°C Lagertemperatur gegenüber der Kontrollvariante signifikante Veränderungen des unlöslichen Pectins (+50,4 %), der Hemicellulose (+35,6 %), der Fructose (+25,8 %) und der Cellulose (+26,2 %) und bei 20°C signifikante Veränderungen des wasserlöslichen Pectins (+23,3 %), des unlöslichen Pectins (+46,6 %), des Lignins (+48,0 %), der Hemicellulose (+41,7 %) und der Cellulose (+45,0 %) beobachtet. Am dritten Lagertag wurden bei 10°C gegenüber der Kontrollvariante signifikante Veränderungen des wasserlöslichen Pectins (+23,7 %) und bei 20°C Lagertemperatur signifikante Veränderungen wasserlöslichen Pectins (+21,4 %), des unlöslichen Pectins (+35,4 %), des Lignins (+134,7 %) und der Cellulose (47,2 %) festgestellt (Tab. 53 und 54).

Tab. 53: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält und mit Coating-Behandlung gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur

	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)				
	0	2		3	
	Kontrolle	10°C	20°C	10°C	20°C
Qualitätsparameter	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE
TS (%)	7,64 ± 0,3	6,83 ± 0,0	7,72 ± 0,6	6,95 ± 0,2	6,92 ± 0,1
TX (-)	57,18 ± 2,1	55,2 ± 1,9	57,3 ± 2,3	62,5 ± 1,9	62,6 ± 2,1
WPF (mg/g TS)	8,37 ± 0,2	8,6 ± 0,0	10,3 ± 0,0	10,3 ± 0,2	10,16 ± 0,0
EPF (mg/gTS)	2,14 ± 0,1	2,04 ± 0,0	1,8 ± 0,0	1,94 ± 0,1	1,83 ± 0,0
UPF (mg/g TS)	10,8 ± 0,22	16,3 ± 0,4	15,9 ± 0,4	12,41 ± 0,2	14,7 ± 0,0
LIG (% i. d. TS)	0,75 ± 0,02	0,82 ± 0,01	1,1 ± 0,1	1,01 ± 0,0	1,8 ± 0,0
HEM (% i. d. TS)	2,64 ± 0,1	3,58 ± 0,0	3,7 ± 0,0	3,1 ± 0,0	2,8 ± 0,0
CEL (% i. d. TS)	6,44 ± 0,02	8,13 ± 0,0	9,3 ± 0,0	7,3 ± 0,01	9,5 ± 0,0
FRU (mg/g TS)	164,6 ± 9,9	207,0 ± 1,1	190,8 ± 1,6	169 ± 6,7	149 ± 0,4
GLU (mg/g TS)	159,8 ± 9,3	166,3 ± 1,5	145,2 ± 2,5	150,1 ± 5,8	107,1 ± 0,7
SAC (mg/g TS)	27,8 ± 1,5	25,2 ± 0,5	24,3 ± 0,8	21,7 ± 1,4	19,8 ± 0,1

Tab. 54: Signifikante Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, mit Coating behandelt), (T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung). ($\alpha = 0,05$, Kruskal-Wallis-Test und Anschlussstest von Newman-Keuls)

Qualitätsparameter	T2		T3	
	10°C	20°C	10°C	20°C
Textur (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wasserlösliches Pectin (%)	n.s.	23,3	23,7	21,4
EDTA-lösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Unlösliches Pectin (%)	50,4	46,6	n.s.	35,4
Lignin (%)	n.s.	48,0	n.s.	134,7
Hemicellulose (%)	35,6	41,7	n.s.	n.s.
Cellulose (%)	26,2	45,0	n.s.	47,2
Fructose (%)	25,8	n.s.	n.s.	n.s.
Glucose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Saccharose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Bei geschältem und mit Coating behandeltem, bei 10°C gelagertem Spargel wurde bei der Textur eine Abnahme bis zum zweiten Lagertag und Zunahme der Werte bis zum dritten Lagertag beobachtet werden. Vom Erntetag bis zum dritten Lagertag nahmen die Gehalte von wasserlöslichem Pectin und Lignin zu, die von EDTA-löslichem Pectin und Saccharose ab. Bei unlöslichem Pectin, Hemicellulose, Cellulose, Fructose und Glucose konnte ein Anstieg bis zum zweiten Lagertag und Abnahme der Gehalte bis zum dritten Lagertag beobachtet werden (Tab. 55).

Tab. 55: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, mit Coating behandelt) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T3
Textur	-3,4	13,1
wasserlösliches Pectin	2,9	20,2 *
EDTA-lösliches Pectin	-4,7	-4,9
Unlösliches Pectin	50,4 *	-23,7 *
Lignin	9,3	23,2 *
Hemicellulose	35,6 *	-14,8
Cellulose	26,2 *	-10,3
Fructose	25,8 *	-18,6
Glucose	4,1	-9,7
Saccharose	-9,5	-13,8

Die Veränderungen der Textur sind zu 5,1 % ($\alpha = 0,01$) auf die Veränderung des Hemicellulosegehaltes zurückzuführen ($r = -0,228$) (Anhang Tab. 93-8-EK 02 10).

Bei 20°C wurden keine Veränderungen der Trockensubstanz bis zum zweiten und eine Abnahme bis zum dritten Lagertag gemessen (Tab. 53). Die Textur veränderte sich bis zum zweiten Lagertag nicht, nahm aber bis zum dritten Lagertag zu. Die Gehalte von wasserlöslichem Pectin, unlöslichem Pectin, Hemicellulose und Fructose stiegen bis zum zweiten Lagertag an und nahmen bis zum dritten Lagertag ab. Bei EDTA-löslichem Pectin konnte eine Abnahme bis zum zweiten Lagertag und Zunahme der Gehalte bis zum dritten Lagertag beobachtet werden. Vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag und weiterhin bis zum dritten Lagertag nahmen die Gehalte von Lignin und Cellulose zu. Glucose und Saccharose nahmen bis zum zweiten und weiterhin bis zum dritten Lagertag ab (Tab. 56). Die Veränderungen der Textur korrelierten mit keinem der untersuchten Parameter.

Tab. 56: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, mit Coating behandelt) während der Lagerung bei 20°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T3: drei Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T3
Textur	keine Veränderung	9,1
Wasserlösliches Pectin	23,3 *	-1,6
EDTA-lösliches Pectin	-17,3	3,4
Unlösliches Pectin	46,6 *	-7,6
Lignin	48,0 *	58,6 *
Hemicellulose	41,7 *	-25,7 *
Cellulose	45,0 *	1,5
Fructose	15,9	-21,9 *
Glucose	-9,1	-26,3 *
Saccharose	-12,7	-18,5

3.4.6 BAW 3

Am zweiten Lagertag wurden bei 10°C Lagertemperatur gegenüber der Kontrollvariante signifikante Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins (-32,5 %) und des Lignins (+52,3 %), bei 20°C signifikante Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins (-51,1 %), des Lignins (+26,2 %) und der Saccharose (+41,3 %) beobachtet.

Am vierten Lagertag wurden bei 10°C signifikante Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins (-60,3 %), des Lignins (+104,6 %) und der Saccharose (+54,4 %), bei 20°C signifikante Veränderungen des Lignins (+192,3 %) und der Glucose (-60,3 %) beobachtet (Tab. 57 und 58).

Tab. 57: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält und verpackt gelagert in Folie BAW 3) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur

	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)				
	0	2		4	
	Kontrolle	10°C	20°C	10°C	20°C
Qualitätsparameter	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE
TS (%)	7,50 ± 0,3	6,30 ± 0,1	7,21 ± 0,2	6,08 ± 0,2	6,40 ± 0,2
TX (-)	73,30 ± 3,2	86,90 ± 1,2	83,50 ± 1,1	84,01 ± 1,3	82,50 ± 0,9
WPF (mg/g TS)	12,80 ± 0,4	13,50 ± 0,3	10,70 ± 0,7	12,40 ± 0,6	13,10 ± 0,2
EPF (mg/g TS)	3,78 ± 0,1	2,50 ± 0,1	1,90 ± 0,1	1,50 ± 0,1	2,90 ± 0,2
UPF (mg/g TS)	14,70 ± 0,4	16,40 ± 0,7	16,60 ± 0,6	13,60 ± 0,4	11,90 ± 0,2
LIG (% i. d. TS)	0,65 ± 0,0	0,99 ± 0,0	0,82 ± 0,0	1,30 ± 0,1	1,90 ± 0,2
HEM (% i. d. TS)	3,70 ± 0,1	3,50 ± 0,1	n.b. ± n.b.	3,50 ± 0,3	4,30 ± 0,3
CEL (% i. d. TS)	7,90 ± 0,1	8,30 ± 0,3	8,60 ± 0,1	8,01 ± 0,2	9,02 ± 0,3
FRU (mg/g TS)	146,80 ± 7,7	155,30 ± 6,8	173,90 ± 9,2	169,00 ± 15,5	139,20 ± 7,0
GLU (mg/g TS)	113,90 ± 9,7	132,40 ± 7,5	131,70 ± 8,9	135,00 ± 17,4	45,30 ± 2,9
SAC (mg/g TS)	31,40 ± 0,7	36,90 ± 0,8	44,30 ± 1,5	48,40 ± 4,1	37,50 ± 4,2

Tab. 58: Signifikante Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie BAW 3), (T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung). ($\alpha = 0,05$, Kruskal-Wallis-Test und Anschlussstest von Nemenyi)

Qualitätsparameter	T2		T4	
	10°C	20°C	10°C	20°C
Textur (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wasserlösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
EDTA-lösliches Pectin (%)	-32,5	-51,1	-60,3	n.s.
Unlösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Lignin (%)	52,3	26,2	104,6	192,3
Hemicellulose (%)	n.s.	n.b.	n.b.	n.b.
Cellulose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fructose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glucose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	-60,3
Saccharose (%)	n.s.	41,3	54,4	n.s.

Bei geschältem in Folie BAW 3 verpacktem, bei 10°C gelagertem Spargel wurde eine Abnahme des EDTA-löslichen Pectins bis zum vierten Lagertag beobachtet. Weiterhin wurde ein Anstieg der Texturwerte, des wasserlöslichen Pectins, des unlöslichen Pectins und der Cellulose bis zum zweiten Lagertag und Abnahme der Gehalte bis zum vierten Lagertag beobachtet. Vom Erntetag bis zum vierten Lagertag nahmen die Gehalte von Lignin, Fructose, Glucose und Saccharose zu. Bei Hemicellulose konnte eine Abnahme bis zum zweiten Lagertag und keine Veränderung bis zum vierten Lagertag beobachtet werden (Tab. 59). Die Veränderungen der Textur lassen sich zu 5 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderungen des Gehaltes von unlöslichem Pectin zurückführen ($r = 0,224$) (Anhang Tab 93-10-EK 03 10).

Tab. 59: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie BAW 3) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	18,6	-3,4
Wasserlösliches Pectin	5,5	-8,5
EDTA-lösliches Pectin	-32,5*	-41,2 *
Unlösliches Pectin	11,1	-17,1
Lignin	52,3 *	34,3
Hemicellulose	-5,2	keine Veränderung
Cellulose	4,3	-3,5
Fructose	5,8	8,6
Glucose	16,2	2,1
Saccharose	17,7	31,1

Bei 20°C nahmen die Texturwerte, unlösliches Pectin, Fructose, Glucose und Saccharose bis zum zweiten Lagertag zu und bis zum vierten Lagertag ab, die Gehalte von Lignin und Cellulose nahmen zu. Der Hemicellulosegehalt wurde nicht erfasst. EDTA-lösliches Pectin nahm bis zum vierten Lagertag ab (Tab. 60).

Tab. 60: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie BAW 3) während der Lagerung bei 20°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	13,9	-1,2
Wasserlösliches Pectin	-15,9	21,4 *
EDTA-lösliches Pectin	-51,1 *	55,7 *
Unlösliches Pectin	12,7	-28,5 *
Lignin	26,2 *	131,7 *
Hemicellulose	n.b.	n.b.
Cellulose	8,0	4,9
Fructose	18,5	-20,0 *
Glucose	15,6	-65,6 *
Saccharose	41,3 *	-15,5

Die Veränderungen der Textur lassen sich zu 17 % ($\alpha = 0,01$) auf die Veränderung der Gehalte von Fructose, zu 10 % auf die Veränderung des Cellulosegehaltes, zu 8 % auf die Veränderung des Gehaltes von wasserlöslichem Pectin und zu 6 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung des Hemicellulosegehaltes und zu jeweils 4 % auf die Veränderung der Gehalte von Glucose und Lignin zurückführen (Tab. 61).

Tab. 61: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (geschält, verpackt in Folie BAW 3) bei 20°C

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Fructose	0,417**	17,0
Cellulose	0,328**	10,0
Wasserlösliches Pectin	-0,286**	8,0
Hemicellulose	0,253*	6,0
Glucose	0,204*	4,0
Lignin	0,200*	4,0

3.4.7 P-Plus 3

Am zweiten Lagertag wurden bei 10°C Lagertemperatur gegenüber der Kontrollvariante signifikante Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins (-40,2 %) und des Lignins (+187,7 %), bei 20°C signifikante Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins (-48,9 %), des unlöslichen Pectins (-24,1 %),

des Lignins (+86,2 %) und der Saccharose (+21,5 %) beobachtet. Am vierten Lager-tag wurden bei 10°C signifikante Veränderungen des Lignins (+86,2 %), der Glucose (-55,5 %) und der Saccharose (-31,1 %), bei 20°C signifikante Veränderungen des EDTA-löslichen Pectins (+69,0 %), des Lignins (+340,0%), der Glucose (-59,8 %) und der Saccharose (-59,5 %) beobachtet (Tab. 62 und 63).

Tab. 62: Veränderungen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält und verpackt gelagert in Folie P-Plus 3) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur

	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)				
	0	2		4	
	Kontrolle	10°C	20°C	10°C	20°C
Qualitätsparameter	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE	MW ±SE
TS (%)	7,50 ± 0,4	8,30 ± 0,0	7,40 ± 0,0	7,30 ± 0,1	5,50 ± 0,03
TX (-)	73,30 ± 3,2	81,50 ± 1,0	84,30 ± 1,2	79,10 ± 1,2	85,60 ± 1,6
WPF (mg/g TS)	12,80 ± 0,4	14,40 ± 0,0	14,40 ± 0,3	11,20 ± 0,0	12,30 ± 0,6
EPF (mg/g TS)	3,78 ± 0,1	2,30 ± 0,0	1,90 ± 0,0	4,50 ± 0,0	6,40 ± 0,2
UPF (mg/g TS)	14,70 ± 0,4	17,40 ± 0,1	11,20 ± 0,0	15,90 ± 0,3	14,70 ± 0,2
LIG (% i. d. TS)	0,65 ± 0,0	1,90 ± 0,0	1,21 ± 0,0	1,20 ± 0,0	2,90 ± 0,0
HEM (% i. d. TS)	3,70 ± 0,1	3,60 ± 0,0	3,90 ± 0,0	4,02 ± 0,0	4,03 ± 0,1
CEL (% i. d. TS)	7,90 ± 0,1	7,90 ± 0,0	9,01 ± 0,0	9,01 ± 0,1	9,10 ± 0,1
FRU (mg/g TS)	146,80 ± 7,7	159,70 ± 0,9	163,00 ± 1,8	158,00 ± 0,4	150,40 ± 1,5
GLU (mg/g TS)	113,90 ± 9,7	116,00 ± 6,0	133,70 ± 1,6	50,70 ± 0,3	45,70 ± 0,9
SAC (mg/g TS)	31,40 ± 0,7	36,40 ± 0,9	38,20 ± 0,3	21,60 ± 0,7	12,70 ± 0,9

Tab. 63: Signifikante Qualitätsveränderungen bei 10°C und 20°C Lagertemperatur in Spargel (geschält, verpackt in Folie P-Plus 3), (T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) ($\alpha = 0,05$, Kruskal-Wallis-Test und Anschluss-Test von Nemenyi)

Qualitätsparameter	T2		T4	
	10°C	20°C	10°C	20°C
Textur (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Wasserlösliches Pectin (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
EDTA-lösliches Pectin (%)	-40,2	-48,9	n.s.	69,0
Unlösliches Pectin (%)	n.s.	-24,1	n.s.	n.s.
Lignin (%)	187,7	86,2	86,2	340,0
Hemicellulose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Cellulose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Fructose (%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Glucose (%)	n.s.	n.s.	-55,5	-59,8
Saccharose (%)	n.s.	21,5	-31,1	-59,5

Bei geschältem in Folie P-Plus 3 verpacktem, bei 10°C gelagertem Spargel wurde ein Anstieg der Textur, des wasserlöslichen Pectins, des unlöslichen Pectins, des

Lignins, der Glucose und Saccharose bis zum zweiten Lagertag und Abnahme der Gehalte bis zum vierten Lagertag beobachtet. Bis zum zweiten Lagertag wurden eine Abnahme der Gehalte von EDTA-löslichem Pectin und Anstieg bis zum vierten Lagertag beobachtet. Die Gehalte von Hemicellulose und Cellulose veränderten sich bis zum zweiten Lagertag nicht und stiegen bis zum vierten Lagertag an, während der Gehalt von Fructose im gleichen Zeitraum erst anstieg und dann abnahm (Tab. 64).

Tab. 64: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie P-Plus 3) während der Lagerung bei 10°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	11,2	-3,0
Wasserlösliches Pectin	12,7	-22,6 *
EDTA-lösliches Pectin	-40,2 *	99,6 *
Unlösliches Pectin	18,0	-8,4
Lignin	187,7 *	-35,3
Hemicellulose	keine Veränderung	12,0
Cellulose	keine Veränderung	13,6
Fructose	8,8	-1,2
Glucose	1,8	-56,3 *
Saccharose	16,0	-40,6 *

Die Veränderungen der Textur lassen sich zu 4,8 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderungen des Gehalts von unlöslichem Pectin und zu 4,7 % auf die Veränderung des Fructosegehaltes zurückführen (Tab. 65).

Tab. 65: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (geschält, verpackt in Folie P-Plus 3) bei 10°C (Anhang Tab. 93-11-EK 03 10)

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Fructose	0,219*	4,7
Unlösliches Pectin	0,221*	4,8

Bei 20°C gelagertem Spargel stiegen die Texturwerte und der Gehalt von Cellulose bis zum zweiten Lagertag an und veränderten sich bis zum vierten Lagertag nicht. Bis zum zweiten Lagertag konnte ein Anstieg des wasserlöslichen Pectins, der Glucose und Saccharose und Abnahme der Gehalte bis zum vierten Lagertag

beobachtet werden. EDTA-lösliches Pectin und unlösliches Pectin nahmen bis zum zweiten Lagertag ab und stiegen bis zum vierten Lagertag an. Vom Erntetag bis zum vierten Lagertag nahmen die Gehalte von Lignin, Fructose und Hemicellulose zu (Tab. 66).

Tab. 66: Qualitätsveränderungen in Spargel (geschält, verpackt in Folie P-Plus 3) während der Lagerung bei 20°C (T0: Erntetag, T2: zwei Tage Lagerung, T4: vier Tage Lagerung) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	Veränderungen (%) T0 zu T2	Veränderungen (%) T2 zu T4
Textur	14,9	keine Veränderung
Wasserlösliches Pectin	12,3	-14,5
EDTA-lösliches Pectin	-48,9 *	231,1 *
Unlösliches Pectin	-24,1 *	31,1
Lignin	86,2*	136,4 *
Hemicellulose	6,8	3,1
Cellulose	13,2	keine Veränderung
Fructose	8,8	10,6
Glucose	17,3	-65,8 *
Saccharose	21,5 *	-66,7 *

Die Veränderungen der Texturwerte lassen sich zu 4,6 % ($\alpha = 0,05$) auf die Veränderung der Ligningehaltes und zu 3,3 % auf die Veränderung des Hemicellulosegehaltes zurückführen (Tab. 67).

Tab. 67: Korrelationen zwischen Textur und Qualitätsparametern von Spargel (geschält, verpackt in Folie P-Plus 3) bei 20°C

Qualitätsparameter	Korrelationskoeffizient (r), Kendall's tau, zweiseitiges Signifikanzniveau * $\alpha=0,05$ / ** $\alpha=0,01$	Bestimmtheitsmaß (B) (%)
Lignin	0,215*	4,6
Hemicellulose	0,184*	3,3

3.5 Vergleich der Folienverpackungen

3.5.1 Textur

Um den Einfluss der Folienverpackungen auf die Textur von nicht geschältem Spargel zu prüfen, wurde als Kontrollvariante nicht verpackter Spargel bei 2°C, 10°C und 20°C für zwei und vier Tage gelagert. Es wurden keine signifikanten Veränderungen

der Textur nicht geschälten und nicht verpackt gelagerten Spargels am zweiten Lagertag bei 10°C gegenüber der Textur am Erntetag beobachtet (Abb. 3). Die Textur korrelierte mit Cellulose ($B = 8,9 \%$, $\alpha = 0,01$), die Veränderung der Cellulose vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug 5,5 %, vom zweiten bis zum vierten Lagertag 10 %. Die Textur korrelierte mit Hemicellulose ($B = 7,6 \%$; $\alpha = 0,01$), die Veränderung der Hemicellulose vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug 33 %, vom zweiten bis zum vierten Lagertag 3,9 %. Die Textur korrelierte mit EDTA-löslichem Pectin ($B = 8 \%$, $\alpha = 0,05$), die Veränderung des EDTA-löslichen Pectins vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug 39,9 %, vom zweiten bis zum vierten Lagertag -55,6 %. Die Textur korrelierte mit wasserlöslichem Pectin ($B = 3,3 \%$; $\alpha = 0,05$), die Veränderung des wasserlöslichen Pectins vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug 14,1 %, vom zweiten bis zum vierten Lagertag -4,3 %. Der Frischmasseverlust vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug 1,2 % vom zweiten bis zum vierten Lagertag 2,8 %.

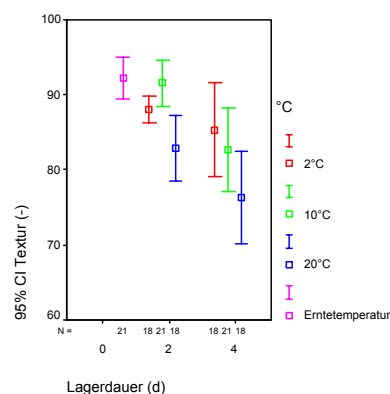


Abb. 3: Veränderungen der Textur von Spargel (nicht geschält und nicht verpackt gelagert) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur (CI = Konfidenzintervall 95%)

Signifikante Veränderungen der Textur nicht geschälten und in Folie OPPC verpackt gelagerten Spargels wurden am zweiten und am vierten Lagertag bei 2°C, 10°C und 20°C Lagertemperatur gegenüber der Textur am Erntetag beobachtet (Abb. 4). Bei 2°C Lagertemperatur korrelierte die Textur mit Lignin und Glucose ($\alpha = 0,01$), unlöslichem Pectin, Fructose und Saccharose ($\alpha = 0,05$), bei 10°C mit Hemicellulose ($\alpha = 0,01$) und bei 20°C konnte keine Korrelation gefunden werden.

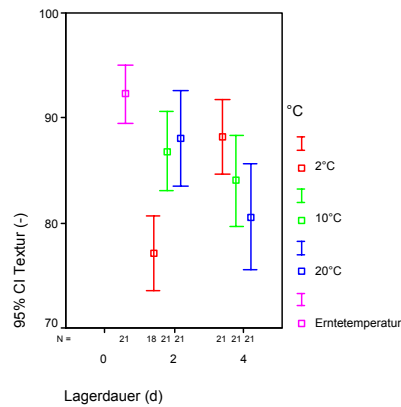


Abb. 4: Veränderung der Textur von Spargel (nicht geschält, verpackt gelagert, OPPC) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur (CI = Konfidenzintervall 95%)

Am zweiten und dritten Lagertag gab es gegenüber dem Erntetag keine signifikanten Veränderungen der Textur bei nicht geschältem und in Folie PP und P-Plus 2 bei 10°C verpackt gelagertem, sowie mit Coating behandeltem Spargel (Abb. 5). Die Textur korrelierte in allen letztgenannten Varianten mit keinem der Qualitätsparameter.

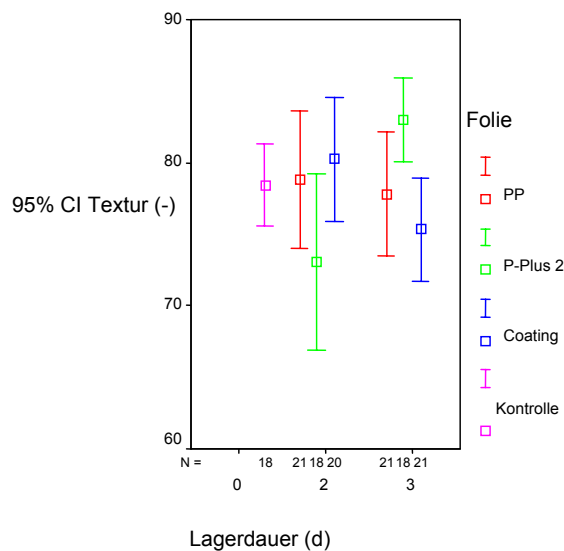


Abb. 5: Veränderungen der Textur von Spargel (nicht geschält, verpackt gelagert, PP, P-Plus 2, Coating) bei 10°C Lagertemperatur in Abhängigkeit von der Lagerdauer (CI = Konfidenzintervall 95%)

Die Textur nicht geschälten und in Folie BAW 3 verpackt gelagerten Spargels zeigte am zweiten und vierten Lagertag bei 20°C gegenüber der Textur am Erntetag keine signifikanten Veränderungen (Abb. 6). Die Textur korrelierte mit Hemicellulose ($B = 13,9 \%$; $\alpha = 0,01$), es gab keine Veränderungen der Hemicellulose vom Erntetag bis zum zweiten und vierten Lagertag. Die Textur korrelierte mit Cellulose ($B = 5,9 \%$; $\alpha = 0,01$). Die Veränderungen der Cellulose vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug 14,5 %, vom zweiten bis zum vierten Lagertag 2,9 %.

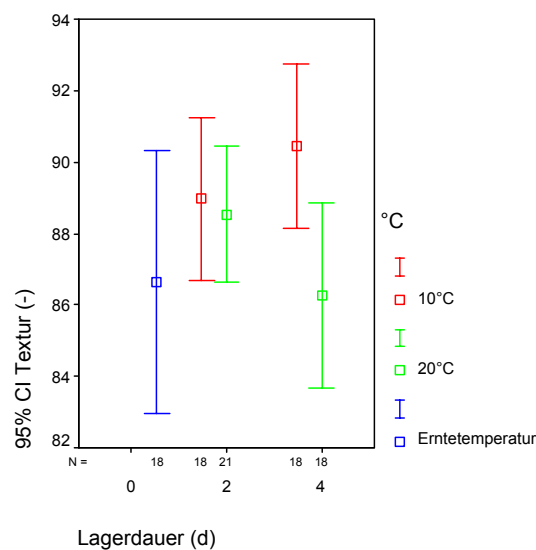


Abb. 6: Veränderungen der Textur von Spargel (nicht geschält, verpackt gelagert, BAW 3) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur (CI = Konfidenzintervall 95%)

Die Veränderungen der Textur geschälten und in Folie OPPC verpackt gelagerten Spargels wurden nach zwei und vier Lagertagen bei 10°C gegenüber der Textur am Erntetag beobachtet und waren nicht signifikant (Abb.7). Die Textur korrelierte mit wasserlöslichem Pectin ($B = 5 \%$; $\alpha = 0,05$), die Veränderung des wasserlöslichen Pectins vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug -11,6 %, vom zweiten bis zum vierten Lagertag 36,4 %.

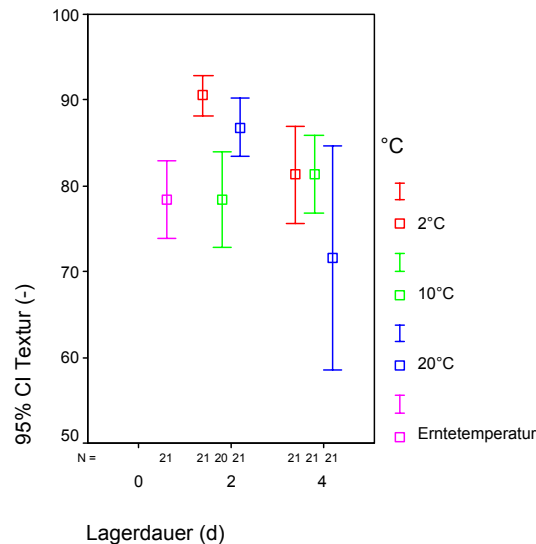


Abb. 7: Veränderungen der Textur von Spargel (geschält, verpackt gelagert, OPPC) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur (CI = Konfidenzintervall 95%)

Die Textur geschälten und in Folie BAW 1 verpackt gelagerten Spargels wurde nach zwei und vier Lagertagen bei 2°C, 10°C und 20°C mit der Textur am Erntetag verglichen (Abb. 8). Nach zwei Lagertagen konnten signifikante Veränderungen bei 2°C und 10°C Lagertemperatur festgestellt werden, bei 20°C waren die Veränderungen nicht signifikant. Nach vier Lagertagen konnten keine signifikanten Veränderungen bei 2°C, 10°C und 20°C festgestellt werden. Die Textur bei 20°C korrelierte mit unlöslichem Pectin ($B = 5\%$; $\alpha = 0,05$), die Veränderung des unlöslichen Pectins vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug 8 %, vom zweiten bis zum vierten Lagertag -14 %.

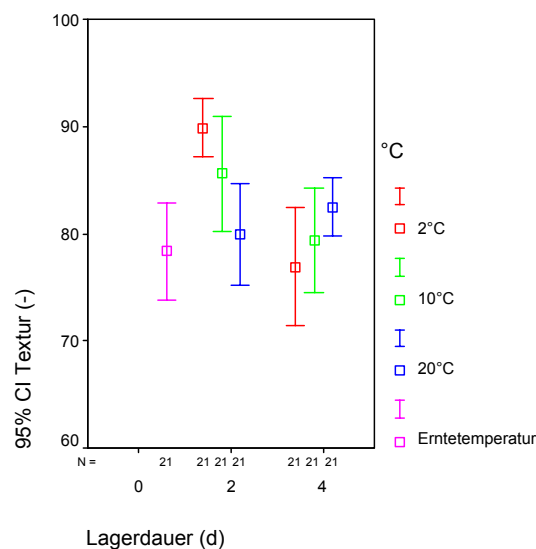


Abb. 8: Veränderungen der Textur von Spargel (geschält, verpackt gelagert. BAW 1) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und Lagertemperatur (CI = Konfidenzintervall 95%)

Die Veränderungen der Textur geschälten und in Folie PP verpackt gelagerten Spargels wurden nach zwei und drei Lagertagen bei 20°C gegenüber der Textur am Erntetag beobachtet (Abb.9). Hierbei zeigten nur die Spargelstangen signifikante Texturveränderungen, die bei 10°C zwei Tage gelagert wurden.

Die Textur korrelierte mit keinem der beobachteten Qualitätsparameter.

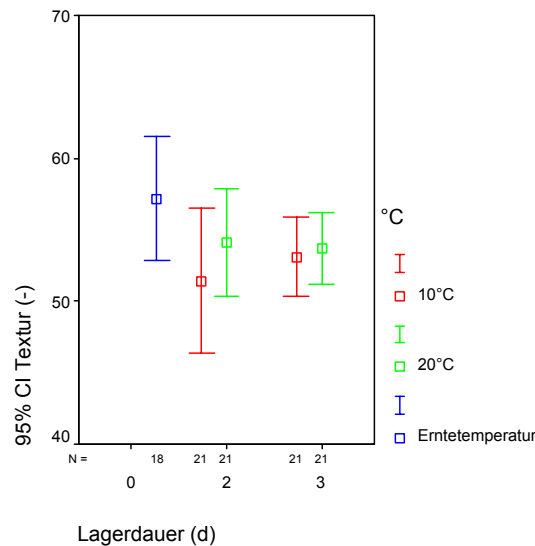


Abb. 9: Veränderungen der Textur von Spargel (geschält, verpackt, Folie PP) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur (CI = Konfidenzintervall 95%)

Die Veränderungen der Textur geschälten und in Folie P-Plus 2 verpackt gelagerten Spargels waren nach zwei und drei Lagertagen bei 10°C nicht signifikant (Abb. 10). Die Textur korreliert mit unlöslichem Pectin ($B = 7,1 \%$; $\alpha = 0,01$), Saccharose ($B = 5,5 \%$; $\alpha = 0,05$) und Glucose ($B = 4,0 \%$; $\alpha = 0,01$).

Bei 20°C wurden ebenfalls keine signifikanten Veränderungen gegenüber der Textur am Erntetag beobachtet (Abb. 10). Die Textur korreliert bei 20°C mit Lignin ($B = 5,4 \%$; $\alpha = 0,05$), die Veränderung des Lignins vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug 10,7%, vom zweiten bis zum dritten Lagertag 25,3 %. Die Textur korreliert mit Hemicellulose ($B = 4,4 \%$; $\alpha = 0,05$), die Veränderung der Hemicellulose vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug 42,8 %, vom zweiten bis zum dritten Lagertag - 48 %. Die Textur korreliert mit wasserlöslichem Pectin ($B = 4,7 \%$; $\alpha = 0,05$), die Veränderung des wasserlöslichen Pectins vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug 8 %, vom zweiten bis zum dritten Lagertag 6,4 %.

Die Textur korrelierte mit Glucose ($B = 6,9 \%$; $\alpha = 0,01$) und Fructose ($B = 5,2 \%$; $\alpha = 0,05$).

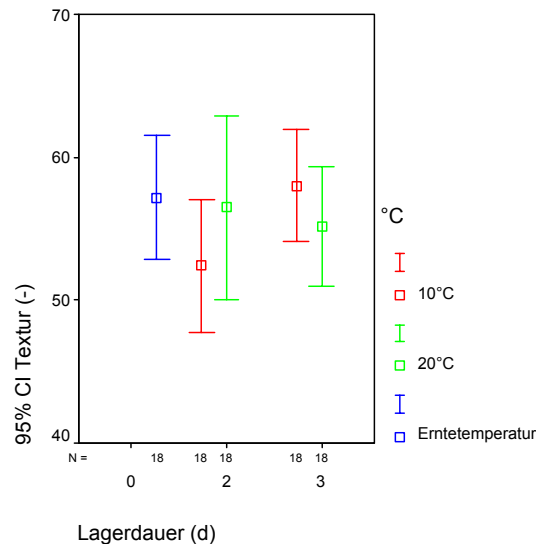


Abb. 10: Veränderungen der Textur von Spargel (geschält, verpackt gelagert, Folie P-Plus 2) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur (CI = Konfidenzintervall 95%)

Die Veränderungen der Textur geschälten und mit Coating behandelt gelagerten Spargels waren nach zwei Lagertagen bei 10°C und 20°C gegenüber der Textur am Erntetag nicht signifikant (Abb.11). Die Textur bei 10°C war korreliert mit dem Hemicellulosegehalt, bei 20°C konnten keine Korrelationen festgestellt werden.

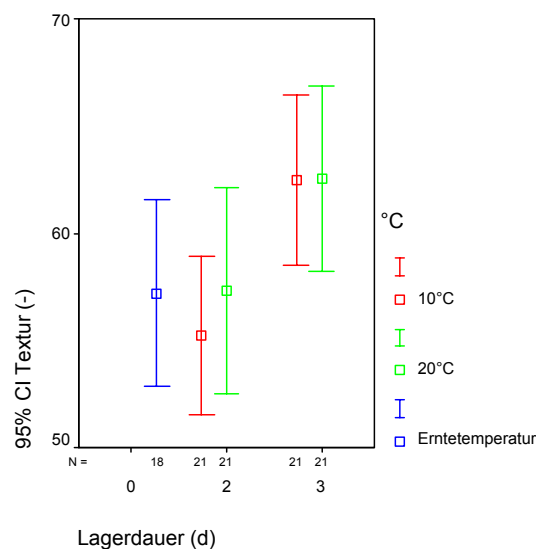


Abb. 11: Veränderungen der Textur von Spargel (geschält, gelagert, Coating-Behandlung) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur (CI = Konfidenzintervall 95%)

Signifikante Veränderungen der Textur geschälten und in Folie BAW 3 verpackt gelagerten Spargels wurden nach zwei und vier Lagertagen bei 10°C und 20°C gegen-

über der Textur am Erntetag beobachtet (Abb. 12). Die Textur korrelierte bei 10°C mit unlöslichem Pectin ($B = 5,0 \%$; $\alpha = 0,05$), die Veränderung des unlöslichen Pectins betrug bis zum zweiten Lagertag 11,1 % und bis zum vierten Lagertag -17,1 %. Die Textur korrelierte bei 20°C mit wasserlöslichem Pectin, ($B = 8,0 \%$; $\alpha = 0,01$), Fructose (17 %), Cellulose (10 %) und Hemicellulose (6 %; $\alpha = 0,05$), Glucose (4 %) und Lignin (4 %) (Tab. 61). Die Veränderung des wasserlöslichen Pectins vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug -15,9 % und bis zum vierten Lagertag 21,4 %.

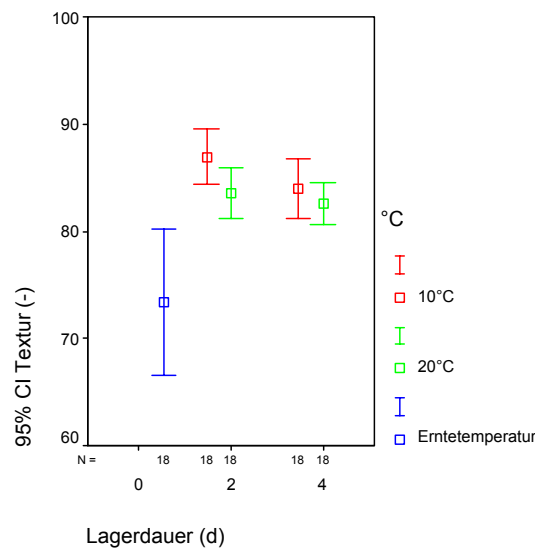


Abb. 12: Veränderungen der Textur von Spargel (geschält, verpackt gelagert, BAW 3) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur (CI = Konfidenzintervall 95%)

Signifikante Veränderungen der Textur geschälten und in Folie P-Plus 3 verpackt gelagerten Spargels wurden nach zwei und vier Lagertagen bei 10°C und 20°C gegenüber der Textur am Erntetag beobachtet (Abb. 13). Die Textur ist korreliert bei 10°C mit unlöslichem Pectin ($B = 4,8 \%$; $\alpha = 0,05$), die Veränderung des unlöslichen Pectins betrug bis zum zweiten Lagertag 18 % und bis zum vierten Lagertag -8,4 % und mit Fructose ($B = 4,7 \%$; $\alpha = 0,05$). Die Textur ist korreliert bei 20°C mit Lignin ($B = 4,6 \%$; $\alpha = 0,05$), die Veränderung des Lignins vom Erntetag bis zum zweiten Lagertag betrug 86,2 % und vom zweiten bis zum vierten Lagertag 136,4 % und mit Hemicellulose ($B = 3,3 \%$; $\alpha = 0,05$).

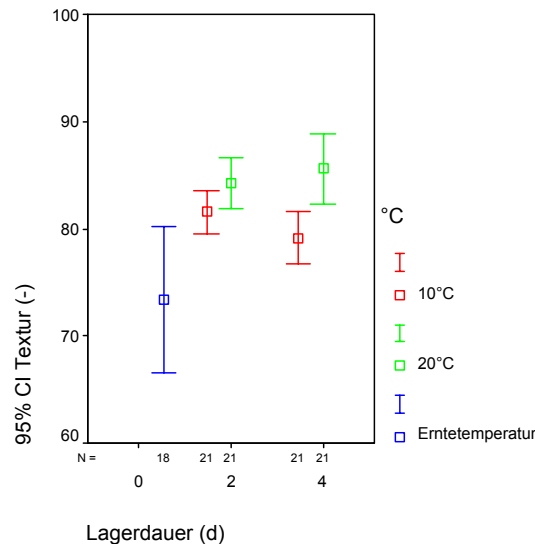


Abb. 13: Veränderungen der Textur von Spargel (geschält, verpackt gelagert, Folie P-Plus 3) in Abhängigkeit von der Lagerdauer und der Lagertemperatur (CI = Konfidenzintervall 95%)

3.5.2 Verhältnis wasserlösliches Pectin zu unlöslichem Pectin

Die Gehalte der WPF und der UPF von geschältem Spargel, wurden am Erntetag und nach zweitägiger Lagerung bei 10°C Lagertemperatur ermittelt. Das Verhältnis von wasserlöslichem Pectin zu unlöslichem Pectin wurde errechnet und mit der Kontrolle verglichen. Hierbei wurden keine Veränderungen des Verhältnisses in den Spargelstangen beobachtet, die in den Folien P-Plus 2 und P-Plus 3 gelagert wurden. In den, in Folie OPPC, BAW 1, PP, BAW 3 gelagerten oder mit Coating behandelten Spargelstangen verschob sich das Verhältnis zu Gunsten der unlöslichen Pectinfraktion (Tab. 68).

Tab. 68: Verhältnis wasserlösliches Pectin zu unlöslichem Pectin in geschälten Spargelstangen am Erntetag und nach zweitägiger Lagerung (10°C)

Folie	WPF (mg / g TS)	UPF (mg / g TS)	WPF: UPF (Kontrolle)	WPF:UPF nach Lagerung
OPPC	7,49	12,18	1 : 0,7	1 : 0,6
BAW 1	7,14	11,24	1 : 0,7	1 : 0,6
PP	8,39	11,57	1 : 0,8	1 : 0,7
P-Plus 2	11,8	15,1	1 : 0,8	1 : 0,8
Coating	8,6	16,27	1 : 0,8	1 : 0,5
BAW 3	13,52	16,4	1 : 0,9	1 : 0,8
P-Plus 3	14,44	17,42	1 : 0,8	1 : 0,8

3.5.3 Frischmasse

Signifikante Frischmasseverluste (15,7 %) von nicht geschältem Spargel waren nach vier Lagertagen bei 20°C zu beobachten. Es wurde beobachtet, dass der bei 10°C mit Oberflächencoating gelagerten Spargel höhere Frischmasseverluste hatte, als der in Folien gelagerte. Die in Folie OPPC gelagerten nicht geschälten Spargelstangen zeigten nach zwei und vier Lagertagen bei 2°C, 10°C und 20°C die geringsten Frischmasseverluste (Tab.69). Im Vergleich zum unverpackten Spargel war der Frischmasseverlust in allen Folienverpackungen geringer.

Tab. 69: Veränderungen (%) der Frischmasse von Spargel (nicht geschält) in Abhängigkeit von der Lagerdauer, der Lagertemperatur und der Folienverpackung

	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)						
	2			3	4		
	2°C	10°C	20°C	10°C	2°C	10°C	20°C
	MW ±SE	MW±SE	MW±SE	MW±SE	MW±SE	MW±SE	MW±SE
nicht verpackt	1,50 ± 0,1	1,20 ± 0,1	8,70 ± 0,3	n.b.	2,30 ± 0,3	2,80 ± 0,3	15,70 ± 0,5
OPPC (%)	0,02 ± 0,0	1,00 ± 0,9	n.b.±	n.b	0,10 ± 0,0	0,10 ± 0,0	0,30 ± 0,0
BAW 1 (%)	n.b	n.b ±	n.b	n.b	n.b	n.b	n.b
PP (%)	n.b	0,10 ± 0,0	n.b	0,10 ± 0,0	n.b	n.b	n.b
P-Plus 2 (%)	n.b	0,10 ± 0,0	n.b	0,10 ± 0,0	n.b	n.b	n.b
Coating (%)	n.b	2,70 ± 0,1	n.b	3,70 ± 0,1	n.b	n.b	n.b
BAW 3 (%)	n.b	0,30 ± 0,0	1,50 ± 0,1	n.b	n.b	0,50 ± 0,1	3,80 ± 0,1
P-Plus 3 (%)	n.b	n.b	n.b	n.b	n.b	n.b	n.b

Der höchste Frischmasseverlust wurde bei den Spargelstangen festgestellt, die mit Coating behandelt, drei Tage bei 20°C gelagert wurden. Bei 10°C wurden nach zwei Lagertagen signifikant abweichende Frischmasseverluste bei den Folienverpackungen BAW 3 und OPPC beobachtet. Die für zwei und drei Tage bei 10°C und 20°C gelagerten Spargelstangen in der Folie PP zeigten bei 20°C höhere Frischmasseverluste als bei 10°C. Mit zunehmender Lagerdauer nahm der Verlust an Frischmasse zu. Bei Spargelstangen, die in der Folie P-Plus 2, zwei und drei Tage bei 10°C gelagerten wurden, war der geringste Frischmasseverlust zu beobachten: mit 0,03 % nach zwei Lagertagen und 0,05 % nach drei Lagertagen wich er unwesentlich von der Frischmasse ungelagerter Spargelstangen ab (Tab. 70).

Tab. 70: Veränderungen (%) der Frischmasse von Spargel (geschält) in Abhängigkeit von der Lagerdauer, der Lagertemperatur und der Folienverpackung

	Lagerdauer (d) / Lagertemperatur (°C)							
	2			3		4		
	2°C	10°C	20°C	10°C	20°C	2°C	10°C	20°C
	MW±SE	MW±SE	MW±SE	MW±SE	MW±SE	MW±SE	MW±SE	MW±SE
OPPC	0,10 ± 0,0	0,40 ± 0,3	0,20 ± 0,0	n.b	n.b	0,10 ± 0,0	0,10 ± 0,0	0,40 ± 0,0
BAW 1	0,20 ± 0,1	0,20 ± 0,0	0,90 ± 0,1	n.b	n.b	n.b.	0,10 ± 0,0	1,50 ± 0,1
PP	n.b	0,10 ± 0,0	0,30 ± 0,1	0,10 ± 0,0	0,60 ± 0,1	n.b	n.b	n.b
P-Plus 2	n.b	0,03 ± 0,0	0,10 ± 0,0	0,05 ± 0,0	0,10 ± 0,0	n.b	n.b	n.b
Coating	n.b	2,60 ± 0,1	6,40 ± 0,4	4,10 ± 0,1	11,40 ± 1,3	n.b	n.b	n.b
BAW 3	n.b	0,40 ± 0,2	1,50 ± 0,1	n.b	n.b	n.b	0,60 ± 0,0	3,30 ± 0,5
P-Plus 3	n.b	0,10 ± 0,0	0,20 ± 0,0	n.b	n.b	n.b	0,10 ± 0,0	0,30 ± 0,0

3.5.4 Farbe

Bei der Beurteilung der Farbveränderungen wurde der C*-Wert der Minolta-Farbmessung zugrunde gelegt, da dieser Wert alle messbaren Farbkriterien, wie Farbton, Helligkeit und Sättigung mit einschließt. Es wurde geprüft, ob sich die Lagerdauer, die Lagertemperatur und die Folienverpackung auf die Farbe auswirken. Ferner wurde beachtet, ob es sich um geschälten oder nicht geschälten Spargel handelt, auch hier wurde der Einfluss vorgenannter Lagerkonditionen beobachtet.

Die nicht geschälten bei 20°C zwei Tage gelagerten Spargelstangen zeigten unverpackt, sowie in Folie OPPC verpackt keine signifikanten Farbveränderungen. Signifikante Veränderungen des C*-Wertes zeigten die Spargelstangen, die bei 2°C gelagert wurden (Abb. 14).

Nach vier Lagertagen konnten keine signifikanten Unterschiede bei 20°C und 10°C festgestellt werden. Die bei 2°C gelagerten Spargelstangen zeigten nach vier Lagertagen signifikante Veränderungen des C*-Wertes.

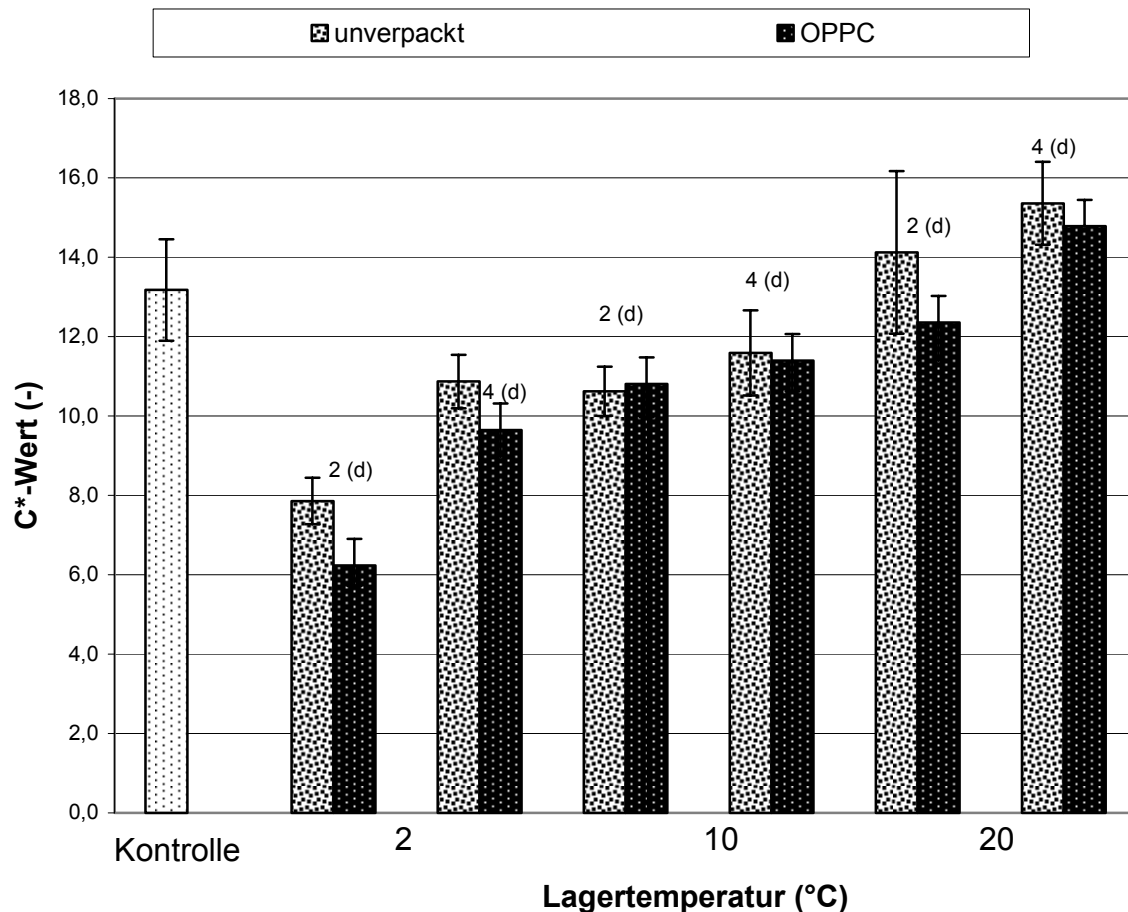


Abb. 14: Veränderungen des C*-Wertes von Spargel (nicht geschält, nicht verpackt, Folie OPPC) während der Lagerung (d = Lagerdauer in Tagen)

Vergleicht man die Farbveränderungen der Spargelstangen, die unverpackt gelagert wurden mit denen, die in Folie OPPC gelagert wurden, so fällt auf, dass nach zwei und vier Lagertagen bei 20°C und nach vier Lagertagen bei 10°C weder der verpackte, noch der unverpackte Spargel signifikanten Farbveränderungen unterworfen war. Bei 2°C nach zwei und vier Tagen und bei 10°C nach zwei Tagen waren die Farbveränderungen signifikant. Die Abb. 14 lässt deutlich erkennen, dass die Farbveränderungen primär von der Lagertemperatur, sekundär von der Lagerdauer beeinflusst wurden.

Vergleicht man die Farbveränderungen von geschältem Spargel in Folienverpackungen mit unterschiedlichen Eigenschaften, hier Folie OPPC und BAW 1, so hatten die Folieneigenschaften nur bei 2°C und bei 20°C signifikanten Einfluss auf die Farbveränderungen (Abb.15). Bei 2°C am vierten, 10°C am zweiten und vierten und 20°C am zweiten Lagertag bestehen keine Unterschiede zwischen den Folien.

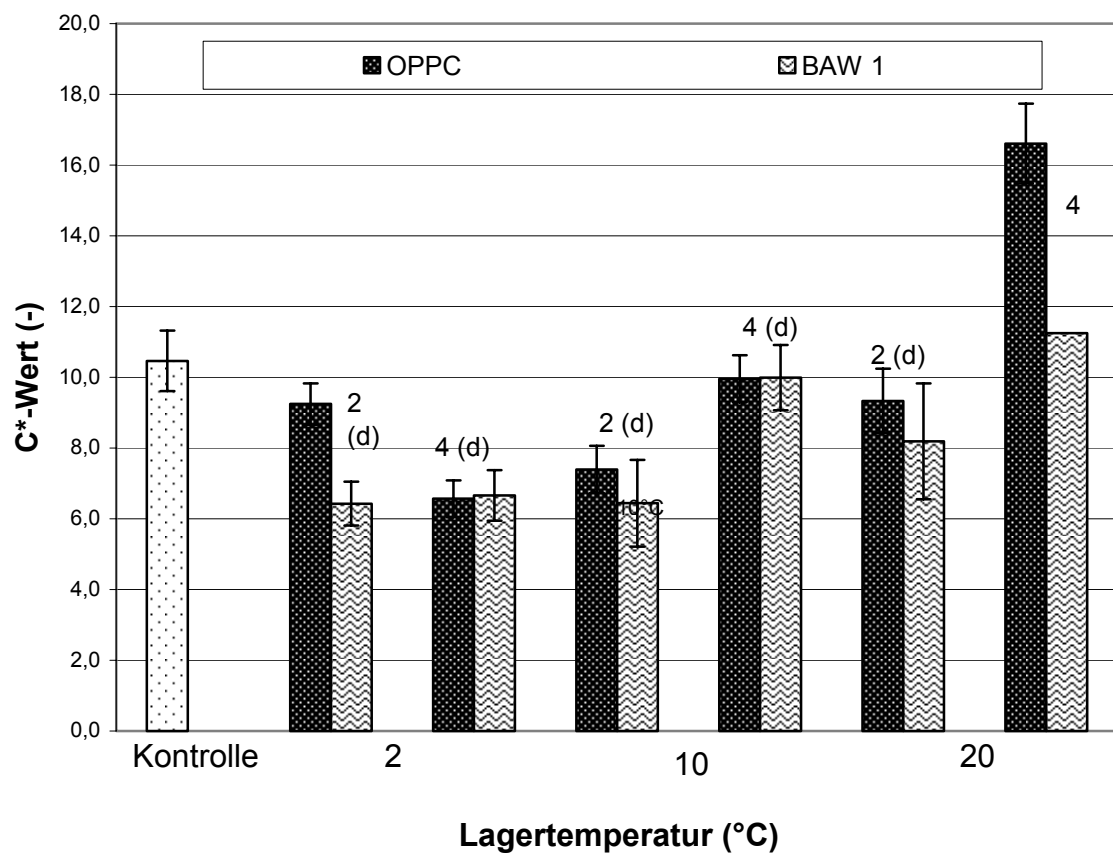


Abb. 15: Veränderungen des C*-Wertes von Spargel (geschält, Folie OPPC und BAW 1) während der Lagerung (d = Lagerdauer in Tagen)

Es wurde weiterhin geprüft, ob geschälter Spargel gegenüber nicht geschältem Spargel zu stärkeren Farbveränderungen neigt. Aus Abb. 16 kann ersehen werden, dass der Schälvorgang, außer dass die Oberfläche insgesamt weißer wird, keinen Einfluss auf die Farbveränderung ausübt und die Lagertemperatur und die Lagerdauer auch bei geschältem Spargel die beeinflussenden Faktoren sind.

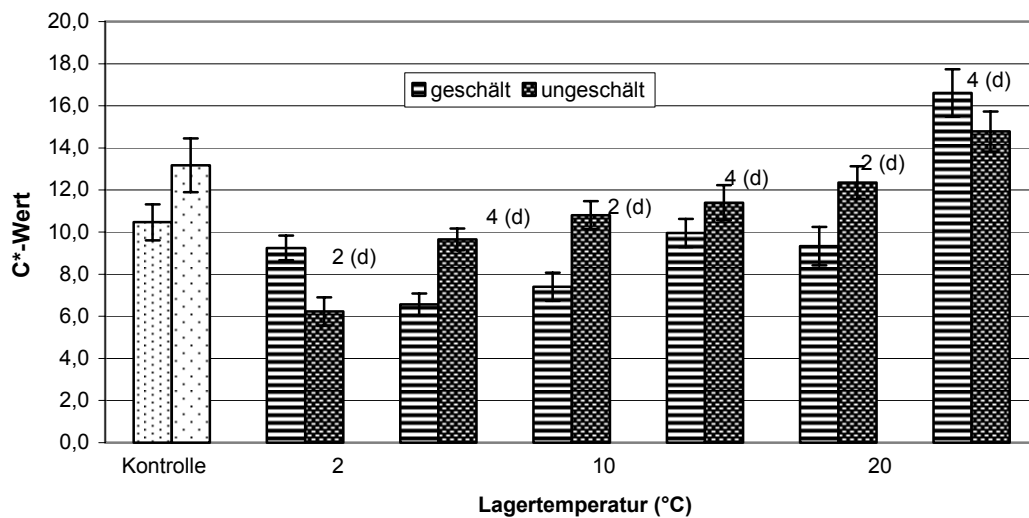


Abb. 16: Farbveränderungen von nicht geschältem und geschältem in OPPC-Folie gelagertem Bleichspargel nach zwei und vier Tagen Lagerdauer in Abhängigkeit von der Lagertemperatur (d = Lagerdauer in Tagen)

Eine Zusammenfassung signifikanter Einflussgrößen auf die Farbveränderungen von nicht geschältem und geschältem Spargel gibt Tab. 71.

Tab. 71: Farbunterschiede (C*-Wert) von geschältem und nicht geschältem Bleichspargel in Abhängigkeit von der Folienverpackung, Lagertemperatur und Lagerdauer (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Lagertemperatur (°C)	Lagerdauer (d)	nicht geschält / Folie	geschält / Folie
2	2	unverpackt*	BAW 1*
2	2	OPPC*	OPPC
2	4	unverpackt*	BAW 1*
2	4	OPPC*	OPPC
10	2	unverpackt*	BAW 1
10	2	OPPC*	OPPC
10	4	unverpackt	BAW 1*
10	4	OPPC	OPPC
20	2	unverpackt	BAW 1
20	2	OPPC	OPPC
20	4	unverpackt	BAW 1*
20	4	OPPC	OPPC

3.5.6 Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentrationen

Die Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentrationen wichen in allen Folienverkaufsverpackungen nach zwei Lagertagen signifikant von der Luftzusammensetzung (20,95 kPa O₂ / 0,03 kPa CO₂ / [78,08 kPa N₂, 0,94 kPa Edelgase] ab. In der Folie PP wurde die geringste Sauerstoff- und die höchste Kohlendioxidkonzentration gemessen. Die Respirations-Quotienten lagen im Bereich von 0,003 (Folie PP) bis 0,65 (Folie P-Plus 2 (Tab. 72).

Tab. 72: Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentration in Folienverkaufsverpackungen (Spargel, geschält, Lagerung zwei Tage bei 20°C)

Folie	O ₂ (kPa)	CO ₂ (kPa)	Respirations-Quotient
PP	0,2	53,3	0,003
BAW 3	1,2	27,8	0,043
OPPC	2,8	15,0	0,18
P-Plus 3	4,6	17,2	0,27
P-Plus 2	8,5	13,0	0,65

Die Abnahme des Sauerstoffgehaltes verlief proportional zum Anstieg des Gehaltes von Kohlendioxid, mit sinkendem O₂-Gehalt ($R^2 = 0,933$) nahm die Konzentration von CO₂ ($R^2 = 0,7471$) zu (Abb. 17).

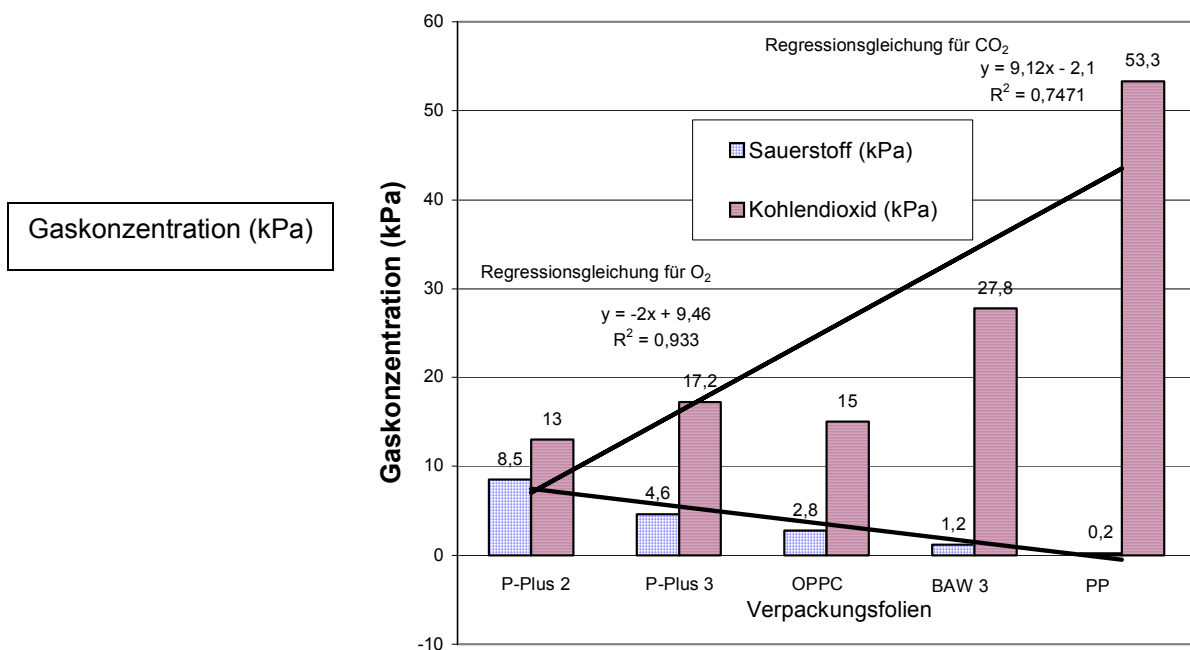


Abb. 17: Veränderungen der Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentration (kPa) von geschältem Spargel in Folienverkaufsverpackungen (Lagerung zwei Tage bei 20°C)

C Stoffwechselprozesse in den Stangensegmenten

1 Einleitung

Über die Dynamik der Veränderungen der Qualitätsparameter innerhalb der Spargelsprosse ist wenig bekannt. KADAU (2001) beobachtete unterschiedliche Veränderungen der Pectinfraktionen in der Spargelspitze und in der restlichen Sprosse. Die Dynamik des Stoffwechsels wird von der Enzymaktivität bestimmt und diese wiederum ist abhängig von einer, durch das genetische Material gesetzten Reaktionsnorm. Zu den enzymatischen Reaktionen, die auch nach der Ernte ablaufen, gehören die Phytohormonaktivität, die Hypersensitivitäts-Reaktion, die Lignifizierung, der Aufbau funktionsfähiger Chloroplasten mit sich anschließender Chlorophyll-Synthese und die Synthese von Anthocyanen (HEß, 1999). Die Anthocyanbildung und die Bildung von

Chloroplasten kann durch Verfärbung der Spargelspitze in die Farben Violett und Grün bei Lichtzutritt beobachtet werden. So sollten in der vorliegenden Arbeit durch Beobachtung der Veränderungen der Qualitätsparameter in der Spargelspitze und der restlichen Sprosse Informationen darüber gewonnen werden, ob innerhalb eines bestimmten Spargelstangensegments translokatorische Prozesse die Dynamik des Stoffwechsels beeinflussen. Durch genaue Kenntnis dieser Vorgänge können daraus produktphysiologisch angepasste Maßnahmen zur Optimierung der Qualitätserhaltung nach der Ernte abgeleitet werden.

2 Material und Methoden

2.1 Pflanzenmaterial und Erntekriterien

Für die Untersuchungen der Spargelstangensegmente Spargelspitze bis 7 cm (S1) und der restlichen Sprosse 7 cm bis 22 cm (S2) wurde das Pflanzenmaterial wie in Kapitel B 2.1 und 2.2 beschrieben, verwendet und die gleichen Erntekriterien beachtet.

2.2 Aufbereitung der Spargelstangen

Die in Kapitel B 2.3 beschriebenen Messungen der Qualitätsparameter Trockensubstanz, Textur, der Pectinfraktionen, des Lignins, der Hemicellulose, der Cellulose, der Fructose, Glucose und Saccharose erfolgten an den Stangensegmenten S1 und S2 der Spargelstangen am Erntetag (Kontrolle) und nach erfolgter Lagerung von zwei Lagertagen bei je drei Wiederholungen von nicht geschältem und nicht verpacktem Spargel bei 2°C und 20°C Lagertemperatur. Außerdem wurden die Veränderungen der Qualitätsparameter in den Stangensegmenten S1 und S2 von in Folie P-Plus 2 bei 10°C gelagertem nicht geschältem und geschältem Spargel an jeweils drei Wiederholungen erfasst.

2.3 Thermische Fotografie

Am Beginn der Erntesaison 2002 wurden mit einer Infrarot-Kamera (VARIOSCAN 2011 JENOPTIK JENA) die Temperatur an der Oberfläche der Spargelsegmente S1 und S2 erfasst. Hierzu wurden zehn erntefrische gewaschene Spargelstangen auf einem Metallgitter im Abstand von etwa 1 cm ausgelegt und die Temperatur mittels Infrarot-Thermografie aufgezeichnet.

2.4 Elektronenmikroskopische Untersuchungen

Aus nicht geschälten und nicht gelagerten und drei Tage in Folie BAW 3 bei 20°C gelagerten Spargelstangen (n = 10) wurde am Punkt 7cm ab Spargelspitze Gewebematerial aus dem Pericykel entnommen. Um die Gewebezellen für das Elektronenmikroskop zu präparieren, wurden die Proben in Flacheinbettungsformen in SPURR-MEDIUM horizontal eingebettet. Nach vierundzwanzigstündigem Aushärten der Formen im Trockenschrank bei 60°C konnten die Proben mit dem Glasmesser geschnitten werden. Nach dem Aufbringen der Gewebeschnitte auf Grits und dem anschließenden Betrachten unter dem Transmissions-Elektronenmikroskop (EM 10 C / EM 10 CR, CARL ZEISS, D) wurden von ausgewählten Vergrößerungen Fotos zur Dokumentation der festgestellten Gewebeveränderungen gemacht.

2.5 Statistische Methoden

Die Messergebnisse wurden wie in Kapitel B, 2.10 statistisch aufbereitet.

3 Ergebnisse

3.1 Biochemische Veränderungen in Spargelsegmenten in Abhängigkeit von der Lagertemperatur

Für die Kontrolle (Lagertag 0) wurde ermittelt, dass wasserlösliches, EDTA-lösliches Pectin und unlösliches Pektin und Glucose in beiden Segmenten gleich verteilt waren. Die geringen Abweichungen der Qualitätsparameter Textur, Hemicellulose, Cellulose, Fructose und Saccharose waren nicht signifikant. Im Segment S2 wurden 25 % weniger Trockensubstanz und 57 % mehr Lignin festgestellt (Anhang Tab. 94). Die Veränderungen in der Spargelspitze nach zweitägiger Lagerdauer gegenüber der Kontrolle betrugen bei 2°C Lagertemperatur mehr als -10 % bei Lignin, Hemicellulose, Glucose und mehr als +10 % bei der EDTA-löslichen, der unlöslichen Pectinfraktion und der Saccharose. Bei 20°C Lagertemperatur betrugen die Veränderungen in der Spargelspitze mehr als -10 % der EDTA-löslichen Pectinfraktion, der Fructose, der Glucose und mehr als +10% des unlöslichen Pectins und der Cellulose. Die Veränderungen in der restlichen Spargelsprosse bei 2°C betrugen

mehr als -10 % von unlöslichem Pectin, Lignin, Glucose und mehr als +10% von EDTA-löslichem Pectin, Cellulose und Saccharose. Bei 20°C erfolgte eine mehr als 10 % ige Abnahme des EDTA-löslichen Pectins, der Hemicellulose und der Glucose, die restlichen untersuchten Qualitätsparameter zeigten keine signifikante Zunahme (Tab. 73 und Anhang Tab. 95).

Tab. 73: Verteilung der Qualitätsparameter in den Spargelsegmenten S1 und S2 (nicht geschält, nicht verpackt) in Abhängigkeit von der Lagertemperatur

Qualitätsparameter	Kontrolle				20°C (Lagertag 2)				2°C (Lagertag 2)			
	S1		S2		S1		S2		S1		S2	
	MW	SE	MW	SE	MW	SE	MW	SE	MW	SE	MW	SE
TS (%)	8,40	0,0	6,32	0,0	7,50	0,0	6,70	0,2	6,43	0,3	6,43	0,1
TX (-)	88,90	2,2	95,19	1,3	80,31	3,7	85,53	1,9	85,67	1,0	90,50	0,8
WPF (mg/g TS)	8,60	0,7	9,22	0,0	8,18	0,1	8,33	0,1	8,74	0,3	9,96	0,3
EPF (mg/g TS)	1,96	0,1	2,00	0,0	1,73	0,0	1,68	0,0	2,79	0,1	2,51	0,1
UPF (mg/g TS)	9,53	0,7	10,35	0,1	11,18	0,7	10,90	0,5	11,08	1,5	8,65	0,3
LIG (% l. d. TS)	1,40	0,1	2,20	0,1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,57	0,0	1,09	0,1
HEM(% l. d. TS)	3,37	0,01	3,58	0,0	2,74	0,0	2,74	0,0	2,26	0,4	3,83	0,6
CEL (% l. d. TS)	8,57	0,0	8,24	0,0	9,58	0,0	n.b.	n.b.	7,76	0,0	9,79	0,5
FRU (mg/g TS)	157,60	0,6	162,00	3,0	137,30	3,5	166,30	8,1	156,40	11,9	151,70	12,4
GLU (mg/g TS)	117,30	0,6	117,90	1,7	83,53	2,6	106,30	6,3	99,61	9,0	101,30	9,1
SAC (mg/g TS)	26,41	0,2	23,98	0,6	27,53	1,4	21,88	1,6	44,83	1,4	36,72	3,6

Die bei 20°C mit einer Infrarot-Kamera ermittelte Temperaturdifferenz zwischen den Spargelspitzen und den restlichen Sprossen an der Spargelstangenoberfläche betrug zwischen 3,5°C und 2°C.

Die Oberfläche des Segments S1 war bei allen Stangen höher temperiert, als die Oberfläche von S2. Sie betrug bei drei Stangen +23°C, bei einer Stange +22°C und bei sechs Stangen +21,5°C.

An der Oberfläche des Segmentes S2 wurde als höchste Temperatur 21,5°C und als tiefste Temperatur 19,5°C gemessen (Abb. 18).

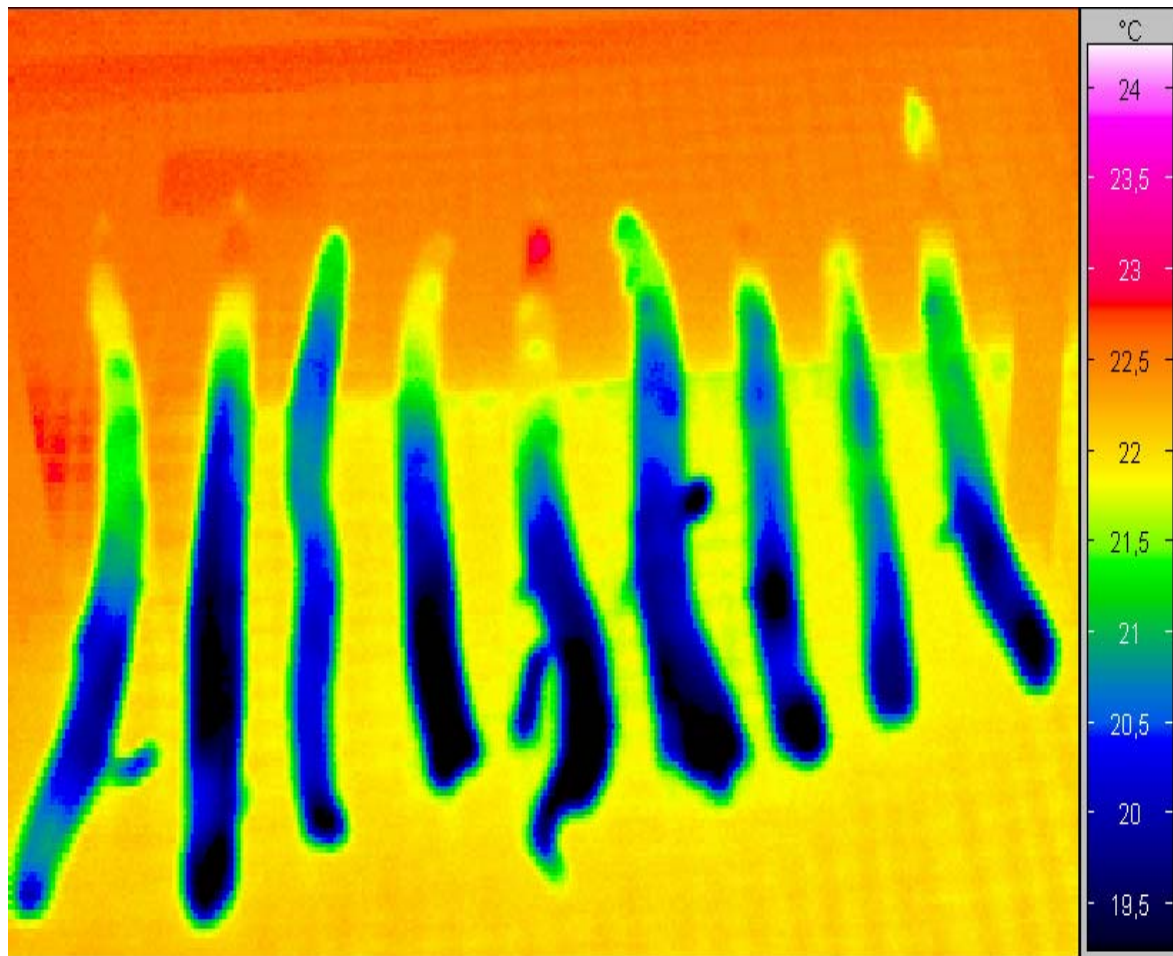


Abb. 18: Durch Stoffwechsel bedingte Temperaturunterschiede an der Oberfläche von Spargelstangen

3.2. Veränderungen der Qualitätsparameter in den Segmenten von nicht geschältem und geschältem Spargel

Nach zwei Lagertagen war die Textur des Segments S1 des nicht geschälten Spargels gegenüber S1 des geschälten Spargels unelastischer. Im Segment S1 des nicht geschälten Spargels wurden höhere Gehalte von Lignin, Cellulose, Fructose und Glucose beobachtet, als in S1 des geschälten Spargels.

Die Textur des Segments S2 des nicht geschälten Spargels war gegenüber S2 des geschälten Spargels unelastischer. Im Segment S2 des nicht geschälten Spargels wurden höhere Gehalte von Lignin, Hemicellulose und Cellulose festgestellt, als im Segment S2 des geschälten Spargels.

Bei geschältem und nicht geschältem Spargel (verpackt in Folie P-Plus 2) waren in S1 und S2 keine signifikanten Unterschiede in den Gehalten an wasserlöslichem Pectin und EDTA-löslichem Pectin zu beobachten (Tab. 74).

Tab. 74: Vergleich der Qualitätsparameter nicht geschälten und geschälten Spargels für die Segmente S1 und S2 nach zwei Lagertagen bei 10°C

Qualitätsparameter	nicht geschält				geschält			
	S1		S2		S1		S2	
	MW	SE	MW	SE	MW	SE	MW	SE
TS (%)	8,06	0,0	7,32	0,0	8,43	0,1	7,04	0,4
TX (-)	73,60	3,7	72,52	4,8	54,50	3,4	50,30	2,7
WPF (mg/g TS)	10,81	0,2	9,25	0,1	11,70	0,3	10,40	0,5
EPF (mg/g TS)	2,12	0,0	1,79	0,0	2,11	0,0	1,71	0,1
UPF (mg/g TS)	11,72	0,3	13,71	0,2	14,80	0,3	15,4	0,4
LIG (% i. d. TS)	1,34	0,0	1,59	0,0	0,66	0,0	0,88	0,0
HEM (% i. d. TS)	2,36	0,0	5,12	0,0	2,95	0,0	3,70	0,2
CEL (% i. d. TS)	8,02	0,0	10,44	0,0	7,38	0,0	8,10	0,1
FRU (mg/g TS)	170,80	1,5	194,10	1,4	160,00	2,9	n.b.	n.b.
GLU (mg/g TS)	134,20	2,4	165,30	1,3	122,00	3,1	n.b.	n.b.
SAC (mg/g TS)	27,07	0,4	31,29	0,9	28,10	1,6	37,60	2,6

3.3 Zellwandveränderungen von nicht gelagertem Spargel

Die im Transmissionselektronenmikroskop untersuchten Dünnschnitte des Pflanzengewebes nicht gelagerten Spargels des Segmentes S2 zeigten intakte, ausgeprägte Interzellularräume in Form eines unregelmäßigen Dreiecks mit stark abgerundeten Ecken (Abb. 19).

Demgegenüber zeigten Gewebeproben von S2 des drei Tage bei 20°C in Folie BAW 3 gelagerten Spargels starke Verformungen des Interzellularraumes. Die Zellwände benachbarter Zellen zeigten im Bereich der Mittellamelle Ablösungen der Zellwände durch deformierte Zellen (Abb. 20 und 21)

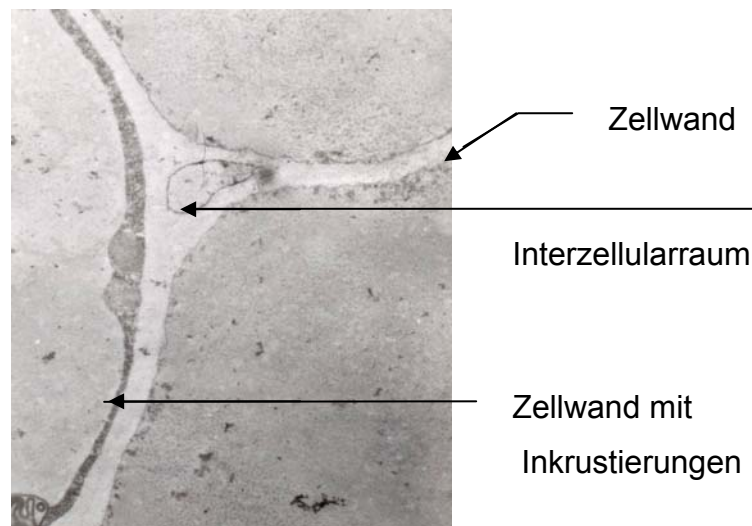


Abb. 19: Intakter Interzellularraum (oberer Bildteil, Eliptoid) zwischen den hellen Zellwänden dreier aneinandergrenzender Zellen frisch geernteten Spargels (Vergrößerung: 8000 fach)

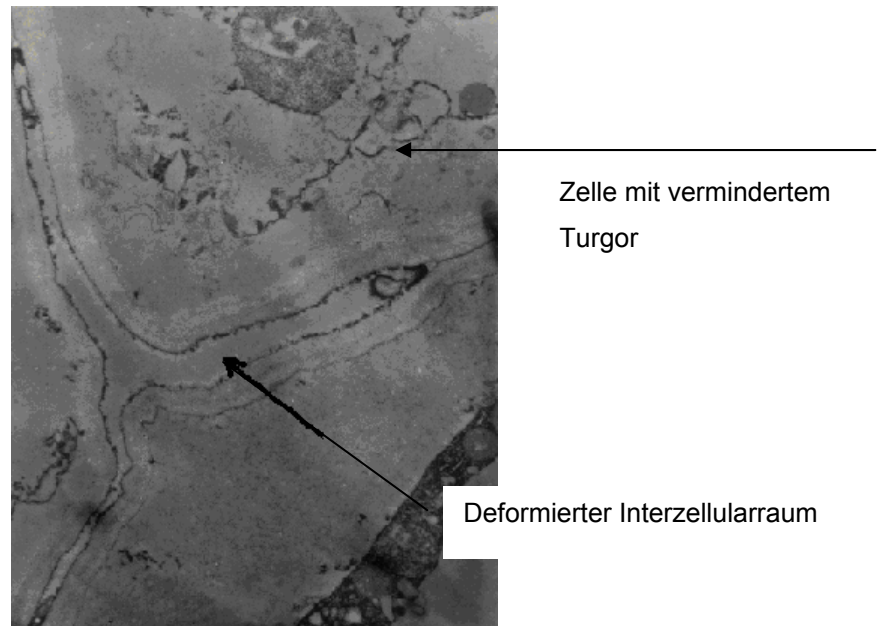


Abb. 20: Deformierter Interzellularraum (Pfeil) von gelagertem Spargel (Vergrößerung: 6300 fach)

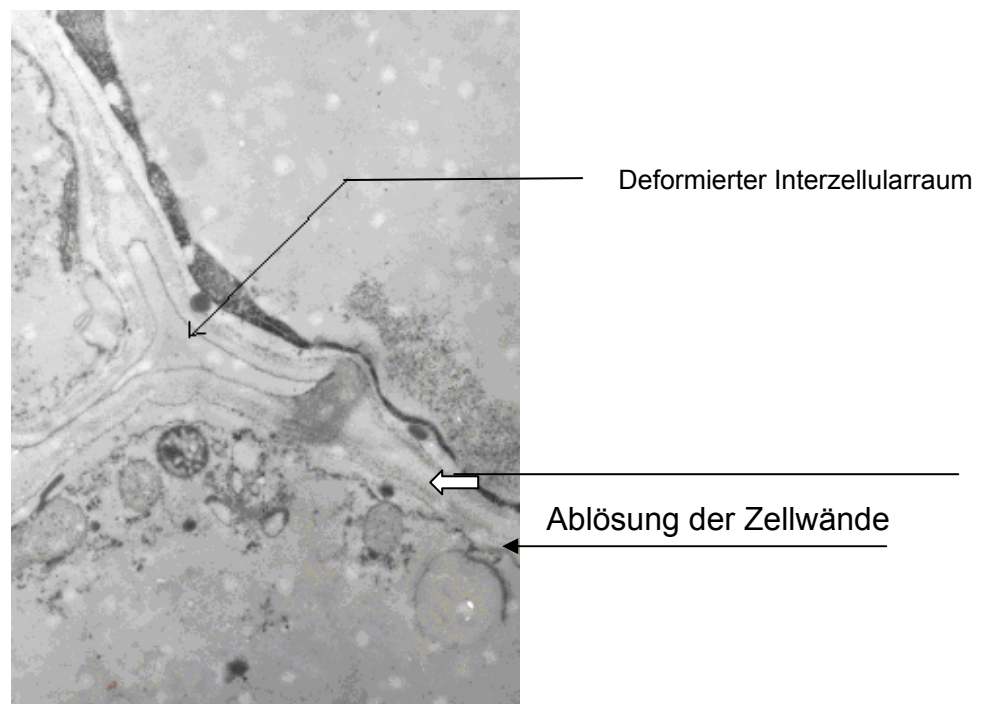


Abb. 21: Deformierter Interzellularraum (schwarzer Pfeil) und beginnende Ablösung der Zellwände (weißer Pfeil) im Gewebe von gelagertem Spargel (Vergrößerung: 8000 fach)

D Endophytisches Pilzwachstum in den Spargelstangen

1 Einleitung

Vorliegende Untersuchungen sollen zur Klärung der Frage beitragen, ob die Kurzzeitlagerung von nicht geschältem und geschältem Spargel in Folienverpackungen, die für geschälten Spargel aus hygienischen Gründen zwingend erforderlich sind (HACCP-Konzept), bei Lagertemperaturen von 10°C und 20°C Einfluss auf das Pilzwachstum und die Bildung von Mykotoxinen haben.

2 Material und Methoden

2.1 Probennahme

Zum Nachweis endophytischer Pilzarten im Gewebe von frisch geernteten und gelagerten Spargelstangen wurden zu verschiedenen Terminen (Tab. 75), jeweils zu Beginn bzw. zum Ende der Erntesaison, Spargelstangen dem Versuchsfeld entnommen

Tab. 75: Probennahme-Termine zum Nachweis endophytische Pilzarten im Gewebe von nicht gelagerten und gelagerten Spargelstangen in den Versuchsjahren 2002 und 2003

Jahr	Beginn der Erntesaison	Ende der Erntesaison
2002	22.4	26.6
2003	28.4	19.6.

Die entnommenen Spargelstangen wurden unter hoher relativer Luftfeuchte zur Aufbereitung zum Labor transportiert. Die Zeitdauer von Erntebeginn bis zur Aufbereitung im Labor betrug ca. 3 Stunden. Die Spargelstangen wurden im Labor gewaschen, danach mit NaOCl-Lösung (2 %) eine Minute oberflächendesinfiziert und mehrmals mit sterilem Aqua dest. gespült. Die Erntemenge wurde teils geschält, teils nicht geschält zu je 500 g (n = 3) jeweils in die Folien P-Plus 2 und Folie PP verpackt. Die gleiche Menge, d.h. dreimal 500 g, wurden mit Coating behandelt und bei Temperaturen von 10°C und 20°C für zwei und drei Tage eingelagert.

Am Ende der Stechsaison 2002 erfolgte eine erneute Probennahme und Aufbereitung wie zu Beginn 2002, jedoch wurden keine Lagervarianten dabei berücksichtigt. Die Probennahme zu Beginn der Stechsaison 2003 erfolgte 2002 im gleichen Versuchsareal (Feld II, Klaistow). Die Aufbereitung wurde wie zu Beginn der Erntesaison

2002 durchgeführt, jedoch erfolgte die Einlagerung in einer biologisch abbaubaren Folienverpackung, Folie BAW 3, bei 20°C mit einer Lagerdauer von 3 Tagen.

Am Ende der Stechsaison 2003 erfolgte die Probennahme wie zu Beginn derselben, die Aufbereitung wie zu Beginn der Stechsaison 2002, jedoch ohne Lagervariante.

2.2 Nachweis endophytischer Pilze

Die nicht gelagerten, unverpackten Spargelstangen und die nach zwei, drei oder vier Tagen Lagerdauer aus den Folienverkaufsverpackungen entnommenen Stangen wurden wie folgt aufbereitet: Aus der Spargelspitze wurden bei 7cm und bei 14 cm unter der Laminarbox jeweils drei ca. 2 mm³ große Gewebeproben entnommen (Abb. 22), auf SNA (NIRENBERG, 1976) ausgelegt und im Brutschrank bei 20°C, 10 h Dunkelheit im Wechsel mit 14 h UV-Licht, 7 Tage inkubiert.

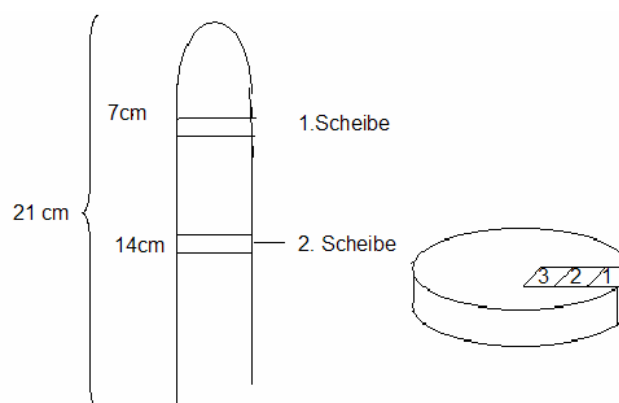


Abb. 22: Entnahme der Gewebeproben aus der Epidermis (1), des Perizykels (2) und des Gefäßzylinders (3)

Die aus den Gewebestücken ausgewachsenen Pilzarten wurden auf morphologischer Basis mikroskopisch bonitiert und nach DOMSCH & GAMS (1970), DOMSCH, GAMS & ANDERSON (1980), GERLACH & NIRENBERG (1982), HAWKSWORTH et al. (1995) charakterisiert und taxonomisch nach KIRK et al. (2001) determiniert (Tab. 76).

Tab. 76: Taxonomie der in den Jahren 2002 und 2003 festgestellten Pilzgattungen und Pilzarten nach KIRK et al. (2001)

Reich:	Abteilung	Gattung:
Chromista	Oomycota	- <i>Pythium</i> Pringsh. (1858) (HAWKSWORTH et al., 1995) - <i>Mucor</i> Fresen (1850) (HAWKSWORTH et al., 1995)
Fungi	Zygomycota	- <i>Rhizopus</i> Ehrenb. (1821) (DOMSCH, GAMS et ANDERSON, 1980) - <i>Zygorhynchus</i> Vuill. (1903) (HAWKSWORTH et al., 1995) - <i>Mortierella</i> Coem. (1870) (HAWKSWORTH et al., 1995)
Fungi	Ascomycota	- <i>Eurotium</i> Link (1809) (DOMSCH, GAMS et ANDERSON, 1980) Anamorph : <i>Aspergillus glaucus</i> Link ex Gray (1921), - <i>Aspergillus</i> Link (1809) (DOMSCH, GAMS et ANDERSON, 1980) - <i>Penicillium</i> Link (1809) (HAWKSWORTH et al., 1995) Teleomorph: <i>Eupenicillium</i> , <i>Talaromyces</i> - <i>Botryotinia</i> P. Micheli ex Pers. (1794) (HAWKSWORTH et al., 1995) - <i>Mycosphaerella tassiana</i> (HAWKSWORTH et al., 1995) Anamorph: <i>Cladosporium</i> (Pers.) Link (1860) Art: <i>Cladosporium macrocarpum</i> Preuss (DOMSCH et GAMS, 1970)
Fungi	Mitosporische Pilze (d.h. keine Hauptfruchform bekannt)	- <i>Verticillium</i> Nees (1816) (HAWKSWORTH et al., 1995) - <i>Alternaria</i> Nees (1816) (HAWKSWORTH et al., 1995) - <i>Ulocladium</i> Preuss (1851) (HAWKSWORTH et al., 1995) - <i>Idriella</i> P.E. Nelson et S. Wilh. (1956) (HAWKSWORTH et al., 1995) Synonyme: 1) <i>Aureobasidium bolleyi</i> v. Arx (DOMSCH et GAMS, 1970) 2) <i>Gleosporium bolleyi</i> Sprague 3) <i>Idriella bolleyi</i> (R.Sprague) v. Arx 4) <i>Microdochium bolleyi</i> (Sprague) de Hoog et Hermanides-Nijhof - <i>Fusarium</i> Link (1890) Art: <i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht (GERLACH et NIRENBERG, 1982) Art: <i>Fusarium proliferatum</i> (Matsushima) Nirenberg (GERLACH et NIRENBERG, 1982) - <i>Crysosporium</i> Corda (1833) (HAWKSWORTH et al. 1995) - <i>Aureobasidium</i> Viala et Boyer (1891) Art: <i>Aureobasidium pullulans</i> var. <i>pullulans</i> (de Bary) Arnaud (1910) (DOMSCH et al., 1980) - <i>Trichoderma</i> Pers. (1794) (HAWKSWORTH et al., 1995)
		- <i>Cephalosporium</i> -artige Pilze (GAMS, 1971)

2.3 Nachweis von Fumonisin B₁

Um zu testen, ob es einen Zusammenhang zwischen den nachgewiesenen Pilzarten und einer möglichen Mykotoxinkontamination gibt, wurden unabhängig von den vorausbeschriebenen Untersuchungen am Ende der Spargelstechsaison 2003 insgesamt zehn zufällig entnommene Spargelstangen der Länge nach halbiert und zuerst die Entnahme der Gewebeproben für die endophytische Pilzbesiedlung nur an einer Hälfte der frisch geernteten Spargelstangen vorgenommen. Die aus den Gewebestücken ausgewachsenen Pilzarten wurden unter dem Lichtmikroskop betrachtet und auf morphologischer Basis nach DOMSCH & GAMS (1970), DOMSCH, GAMS & ANDERSON (1980), GERLACH & NIRENBERG (1982), HAWKSWORTH et al. (1995) charakterisiert und taxonomisch nach KIRK et al. (2001) determiniert (Tab. 76).

Nach der Gewebeprobenentnahme (Abb. 23) wurde die andere Hälfte der beprobten Spargelstangen sofort in flüssigem Stickstoff tiefgefroren und einzeln in der Vakuum-Gefriertrockenanlage (ALPHA 1-4 Firma MARTIN CHRIST) getrocknet und zu Pulver vermahlen. Das gefriergetrocknete Probenmaterial wurde im Labor mittels HPLC IAS Clean up, Vorsäulenderivatisierung mit OPA und HPLC mit FLD (AGES GmbH, CC Cluster Chemie, Linz, 2004) auf das Mykotoxin Fumonisin B₁ untersucht.

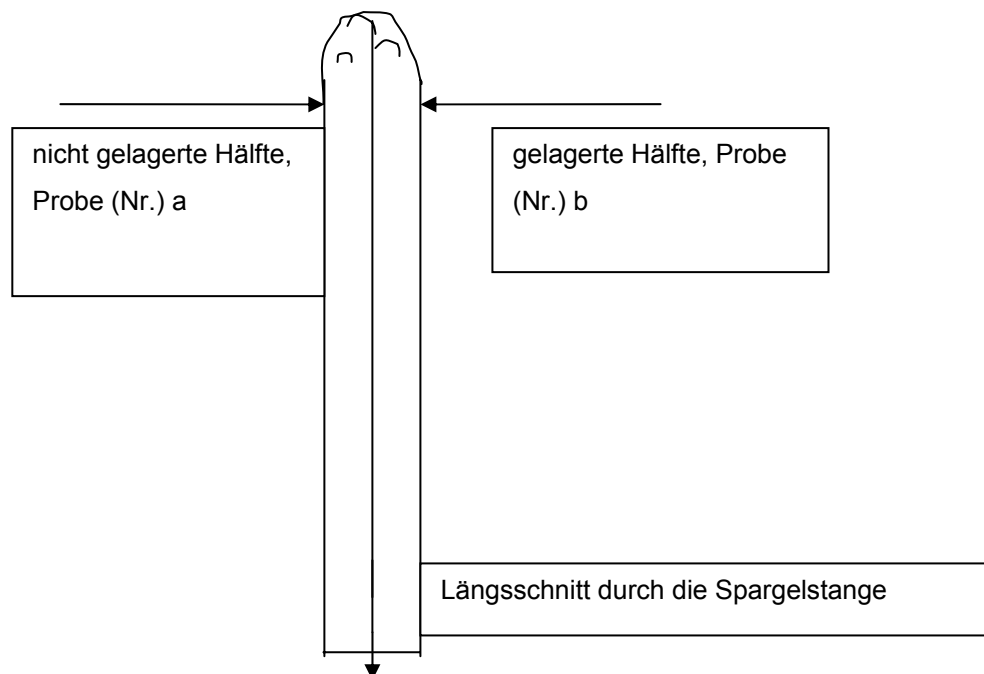


Abb. 23: Schema der Probenahme zum Nachweis endophytischer Pilzarten und des Mykotoxins Fumonisin B₁

2.4 Statistische Methoden

Es wurden die gleichen statistischen Methoden, wie in Kapitel C 2.9 verwendet.

3. Ergebnisse

3.1 Endophytische Pilzbesiedlung (Übersicht Versuchsjahre 2002 und 2003)

In der Erntesaison der Jahre 2002 und 2003 wurden insgesamt 696 Gewebeproben von nicht gelagerten und ungeschält bzw. geschält bei 10°C und 20°C in Folie PP, Folie P-Plus 2, Folie BAW 3 und Coating-Behandlung für zwei und drei Tage gelagerten Spargelstangen untersucht.

Es konnten vierzehn Pilzarten im Jahre 2002 und zwölf im Jahre 2003 nachgewiesen werden (Tab.77).

Tab. 77: Anteil der Pilzarten (%) in Spargelgewebeproben, geordnet nach der Häufigkeit ihres Auftretens, in den Versuchsjahren 2002 (n = 336) und 2003 (n = 360)

Pilzarten	2002 Pilzart (%)	2003 Pilzart (%)
<i>Fusarium</i> spp.	8,9	119,2
<i>Idriella bolleyi</i>	16,7	15,0
<i>Penicillium</i> spp.	5,4	25,0
<i>Cladosporium macrocarpum</i>	4,8	21,7
<i>Mucor</i> spp.	3,0	8,3
<i>Cephalosporium</i> -artige Pilze	0,0	11,7
<i>Botryotinia</i> spp.	2,7	0,0
<i>Crysosporium</i> spp.	0,0	21,7
<i>Zygorhynchus</i> spp.	1,5	2,5
<i>Verticillium</i> spp.	1,5	0,0
<i>Trichoderma</i> spp.	0,3	5,0
<i>Aspergillus</i> spp.	0,0	5,0
<i>Rhizopus</i> spp.	0,0	3,3
<i>Pythium</i> spp.	0,6	0,0
<i>Aureobasidium</i> spp.	0,6	0,0
<i>Mortierella</i> spp.	0,3	0,0
<i>Alternaria</i> spp.	0,3	0,0
<i>Ulocladium</i> spp.	0,3	0,0
<i>Eurotium</i> spp.	0,0	0,8

Das Pilzwachstum in Gewebeproben der Spargelstangen war im Jahre 2003 (n = 360) höher als im Jahr 2002 (n = 336).

Das nachgewiesene endophytische Pilzspektrum in den untersuchten Gewebeproben der Spargelstangen differierte zwischen den Jahren 2002 und 2003, so ließen sich *Crysosporium* spp., *Cephalosporium*-artige Pilze, *Aspergillus* spp., *Rhizopus* spp. und *Eurotium* spp. nur im Jahre 2003 nachweisen (Tab. 78).

Innerhalb der jeweiligen Ernteperiode konnte an nicht gelagerten Spargelstangen nachgewiesen werden, dass sich der Anteil der Proben, die mit den in Tab. 83 genannten Pilzarten kontaminiert waren, signifikant erhöhte. Eine Ausnahme machte die Pilzart *Idriella* spp., sie ließ sich am Ende der Saison 2002 nicht mehr nachweisen.

Tab. 78: Anteil der Pilzarten (%) zu Beginn und Ende der Stechsaison 2002 und 2003 aus Gewebeproben von nicht gelagerten Spargelstangen (Kontrolle, n = 60)

Pilzart	Stechsaison			
	Beginn 2002 Pilzart (%)	Ende 2002 Pilzart (%)	Beginn 2003 Pilzart (%)	Ende 2003 Pilzart (%)
<i>Fusarium</i> spp.	1,7	46,7	1,7	86,3
<i>Penicillium</i> spp.	1,7	21,7	0,0	20,0
<i>Idriella</i> spp.	30,0	0,0	0,0	3,4
<i>Cladosporium</i> spp.	3,3	16,7	1,7	7,5
<i>Crysosporium</i> spp.	0,0	0,0	0,0	10,0
<i>Cephalosporium</i> - artige Pilze	0,0	0,0	0,0	11,7
<i>Mucor</i> spp.	0,0	11,7	0,0	8,3
<i>Zygorhynchus</i> spp.	0,0	3,3	0,0	2,5
<i>Verticillium</i> spp.	1,7	3,3	0,0	0,0
<i>Rhizopus</i> spp.	0,0	0,0	0,0	3,3
<i>Eurotium</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0,8
<i>Pythium</i> spp.	0,0	3,3	0,0	0,0
<i>Aureobasidium</i> spp.	0,0	1,7	0,0	0,0
<i>Trichoderma</i> spp.	0,0	1,7	0,0	0,0
<i>Alternaria</i> spp.	0,0	1,7	0,0	0,0
<i>Ulocladium</i> spp.	0,0	1,7	0,0	0,0
<i>Aspergillus</i> spp.	0,0	0,0	0,0	2,8

3.2 Endophytische Pilzbesiedlung (Erntesaison 2002)

Die auf SNA ausgelegten Gewebeproben aus nicht gelagerten Spargelstangen wiesen folgende Pilzarten auf, geordnet nach aufgetretener Häufigkeit: *Idriella* spp., *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp., *Verticillium* spp. und *Penicillium* spp.

Die zum gleichen Zeitpunkt ausgelegten Gewebeproben des bei 10°C in den Folien PP, P-Plus 2 und mit Coating behandelt gelagerten Spargels zeigten Pilzauswuchs, der den Gattungen *Idriella* spp., *Mucor* spp., *Cladosporium* spp. und *Fusarium* spp. zugeordnet werden konnte. Nach drei Lagertagen war der prozentuale Anteil von *Idriella* spp. in der Folienverpackung P-Plus 2 und bei der mit Coating behandelten Variante um 3,3 % angestiegen, in der Folienverpackung PP um 21,7 % gesunken. In der Folie P-Plus 2 stieg nach drei Lagertagen der prozentuale Anteil von *Cladosporium* spp. um 13,4%. Die nach zwei Lagertagen in der Folie P-Plus 2 nachgewiesene Pilzart *Mucor* spp. konnte nach drei Lagertagen nicht mehr nachgewiesen werden (Tab.79).

Tab. 79: Prozentualer Anteil der Pilzarten im Gewebe von nicht geschält bei 10°C gelagerten Spargelstangen zu Beginn der Stechsaion 2002 in unterschiedlichen Folienverpackungen (nicht gelagerte Stangen n = 60, gelagerte Stangen pro Folienverpackung n = 12).

	Lagerdauer (d)						
	0	2			3		
Pilzart	nicht gelagert Pilzwachstum (%)	PP Pilzwachstum (%)	P-Plus 2 Pilzwachstum (%)	Coating Pilzwachstum (%)	PP Pilzwachstum (%)	P-Plus 2 Pilzwachstum (%)	Coating Pilzwachstum (%)
<i>Idriella</i> spp.	30,0	25,0	50,0	8,3	8,3	33,3	33,3
<i>Cladosporium</i> spp.	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	0,0
<i>Fusarium</i> spp.	1,7	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Verticillium</i> spp.	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Penicillium</i> spp.	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Mucor</i> spp.	0,0	0,0	33,8	0,0	0,0	0,0	0,0

In der Folie PP konnte nach drei Lagertagen mit 16,7 % die geringste endophytische Pilzbesiedlung beobachtet werde. Die Gewebeproben aus dem in Folie P-Plus 2 gelagerten Spargel wiesen 50 % Pilzbesiedlung und die mit Coating behandelten Spargelstangen 66,6 % auf (Tab.80).

Tab. 80: Pilzwachstum (%) (Mischinfektion) in nicht geschälten Spargelstangensegmenten bei 10°C Lagertemperatur in Abhängigkeit von Lagerdauer und Folienverpackung zu Beginn der Stechsaion 2002 (n = 6)

Folie	Lagerdauer (d)					
	0		2		3	
	S1 Pilzwachstum (%)	S2 Pilzwachstum (%)	S1 Pilzwachstum (%)	S2 Pilzwachstum (%)	S1 Pilzwachstum (%)	S2 Pilzwachstum (%)
PP	45,0	35,0	16,7	33,3	n.b.	16,7
P-Plus 2	45,0	35,0	133,3	50,0	n.b.	50,0
Coating	45,0	35,0	n.b.	16,7	33,3	33,3

Vom Einlagerungstag bis zum dritten Lagertag verringerte sich deutlich das Pilzwachstum der Gewebeproben aus den nicht geschälten Spargelstangen, die in der Folie PP und mit Coating-Behandlung gelagert wurden. In P-Plus 2 erfolgte am zweiten Lagertag ein Anstieg um 10 %, am dritten Lagertag konnte kein Pilzwachstum mehr festgestellt werden.

Das Pilzwachstum aus den Gewebeproben, die aus S1 entnommen wurden, sank bei in Folie PP und mit Coating-Behandlung gelagerten Spargelstangen bis zum zweiten Lagertag und nochmals bis zum dritten Tag, in P-Plus 2 stieg das Pilzwachstum in geschälten Spargelstangen bis zum zweiten Lagertag in S2 an, am dritten Lagertag konnte kein Pilzwachstum mehr festgestellt werden. (Tab. 81).

Tab. 81: Pilzwachstum (%) (Mischinfektion) in geschälten Spargelstangensegmenten bei 10°C Lagertemperatur in Abhängigkeit von Lagerdauer und Folienverpackung zu Beginn der Stechsaion 2002

Folien	nicht gelagert		Lagerdauer (d)		Lagerdauer (d)	
	0		2		3	
	S1 (%) (n = 20)	S2 (%) (n = 40)	S1 (%) (n = 6)	S2 (%) (n = 6)	S1 (%) (n = 6)	S2 (%) (n = 6)
PP	45,0	35,0	16,7	16,7	16,7	0,0
P-Plus 2	45,0	35,0	16,7	66,7	0,0	0,0
Coating	45,0	35,0	0,0	33,3	0,0	16,7

Die Spargelgewebeproben des geschälten, zwei und drei Tage gelagerten Spargels zeigten Pilzwachstum, das den Pilzarten, geordnet nach der Häufigkeit ihres Vorkommens, *Idriella* spp. und *Cladosporium* spp. zugeordnet werden konnte. Die im

erntefrischen Produkt nachgewiesenen Gattungen *Verticillium* spp., *Penicillium* spp. und *Fusarium* spp. konnten nach zwei- und dreitägiger Lagerung nicht mehr nachgewiesen werden (Tab.82).

Tab. 82: Pilzarten (%) im Gewebe von geschälten zwei und drei Tage bei 10°C gelagerten Spargelstangen zu Beginn der Erntesaison 2002

Pilzart	Lagerdauer (d)						
	0	2			3		
	Kontrolle Pilzwachstum (%)	PP Pilzwachstum (%)	P-Plus 2 Pilzwachstum (%)	Coating Pilzwachstum (%)	PP Pilzwachstum (%)	P-Plus 2 Pilzwachstum (%)	Coating Pilzwachstum (%)
<i>Idriella</i> spp.	30,0	16,7	33,3	8,3	0,0	0,0	8,3
<i>Cladosporium</i> spp.	3,3	0,0	8,3	0,0	8,3	0,0	0,0
<i>Penicillium</i> spp.	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Verticillium</i> spp.	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Fusarium</i> spp.	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Das Pilzwachstum aus den Gewebeproben der geschält bei 20°C gelagerten Spargelstangen verringerte sich gegenüber dem Pilzwachstum aus Gewebeproben der nicht gelagerten Spargelstangen in Folie PP. In Folie P-Plus 2 konnten prozentual keine signifikanten Veränderungen gegenüber den Ergebnissen der erntefrischen Spargelstangen festgestellt werden, jedoch in der Zusammensetzung der Pilzarten. In den mit Coating behandelt Spargelstangen nahm das Pilzwachstum zu.

Das Pilzwachstum war im Stangensegment S1 und S2 nicht signifikant unterschiedlich; eine Ausnahme machten die untersuchten Gewebeproben der Spargelstangen, die mit Coating behandelt wurden: das Pilzwachstum stieg bis zum dritten Lagertag an (Tab.83 und Tab. 84).

Tab. 83: Pilzwachstum (%) (Mischinfektion) in geschälten Spargelstangensegmenten bei 20°C Lager-temperatur in Abhängigkeit von Lagerdauer und Folienvorpackung zu Beginn der Stechsa-son 2002

Folien	Lagerdauer (d)					
	0		2		3	
	S1 Pilzwachstum (%) (n = 20)	S2 Pilzwachstum (%) (n = 40)	S1 Pilzwachstum (%) (n = 6)	S2 Pilzwachstum (%) (n = 6)	S1 Pilzwachstum (%) (n = 6)	S2 Pilzwachstum (%) (n = 6)
PP	45,0	35,0	0,0	16,7	33,3	0,0
P-Plus 2	45,0	35,0	50,0	50,0	50,0	33,3
Coating.	45,0	35,0	16,7	33,3	16,7	66,7

Tab. 84: Pilzarten (%) im Gewebe von geschälten zwei und drei Tage bei 20°C gelagerten Spargelstangen zu Beginn der Erntesaison 2002 in Abhängigkeit von der Folienverpackung

Pilzart	Lagerdauer (d)						
	0	2			3		
	Kontrolle	PP Pilzwachstum (%)	P-Plus 2 Pilzwachstum (%)	Coating Pilzwachstum (%)	PP Pilzwachstum (%)	P-Plus 2 Pilzwachstum (%)	Coating Pilzwachstum (%)
<i>Idriella</i> spp.	30,0	8,3	25,0	8,3	16,7	33,3	41,7
<i>Penicillium</i> spp.	1,7	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0
<i>Verticillium</i> spp.	1,7	0,0	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Zygorhynchus</i> spp.	0,0	0,0	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Fusarium</i> spp.	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Am Ende der Erntesaison 2002 konnten die Pilzarten *Fusarium* spp., *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., *Verticillium* spp., *Botryotinia* spp., *Mucor* spp., *Pythium* spp., *Zygorhynchus* spp., *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp., *Mortierella* spp., *Trichoderma* spp. und *Aureobasidium* spp. in den Gewebeproben von nicht gelagerten Spargelstangen nachgewiesen werden (Tab. 85).

Tab. 85: Vergleich der nachgewiesenen Pilzarten (%) für den Beginn und das Ende der Erntesaison 2002 (geordnet nach der Häufigkeit ihres Auftretens) (n = 60)

Pilzarten	Erntesaison 2002	
	Beginn Pilzwachstum (%)	Ende Pilzwachstum (%)
<i>Fusarium</i> spp.	1,7	46,6
<i>Idriella</i> spp.	30	0,0
<i>Cladosporium</i> spp.	3,3	21,7
<i>Penicillium</i> spp.	1,7	18,3
<i>Botryotinia</i> spp.	0,0	15
<i>Mucor</i> spp.	0,0	11,7
<i>Pythium</i> spp.	0,0	3,3
<i>Zygorhinchus</i> spp.	0,0	3,3
<i>Alternaria</i> spp.	0,0	1,7
<i>Aspergillus</i> spp.	0,0	1,7
<i>Verticillium</i> spp.	1,7	3,3
<i>Mortierella</i> spp.	0,0	1,7
<i>Trichoderma</i> spp.	0,0	1,7
<i>Aureobasidium</i> spp.	0,0	1,7

3.3 Endophytische Pilzbesiedlung (Erntesaison 2003)

Zu Beginn der Stechsaion 2003 konnten in Gewebeproben des nicht gelagerten Spargels die Pilzarten *Fusarium* spp. und *Cladosporium* spp. festgestellt werden (Tab.86). In Gewebeproben von geschält bei 20°C in Folie BAW 3 drei Tage gelagerten Spargelstangen konnten insgesamt 5 Pilzgattungen nachgewiesen werden: *Trichoderma* spp., *Fusarium* spp., *Cladosporium* spp., *Idriella* spp. und *Cephalosporium*-artige Pilze. Die bereits in der erntefrischen Kontrolle nachgewiesenen Pilzart *Fusarium* spp. stieg bei der Lagerung um 11,6 % an, die Pilzart *Cladosporium* spp. um 8,3 % (Tab.86).

Tab. 86: Endophytische Pilzbesiedlung (%) in den Spargelstangensegmenten S1 und S2 zu Beginn der Erntesaison 2003 von geschälten, nicht gelagerten und drei Tage bei 20°C in Folie BAW 3 gelagerten Spargelstangen (n = 30)

Pilzart	nicht gelagert		gelagert in BAW 3	
	S1 Pilzwachstum (%)	S2 Pilzwachstum (%)	S1 Pilzwachstum (%)	S2 Pilzwachstum (%)
<i>Fusarium</i> spp.	0,0	1,7	13,3	13,3
<i>Cephalosporium</i> -artige Pilze	0,0	0,0	10,0	13,3
<i>Idriella</i> spp.	0,0	0,0	10,0	10,0
<i>Trichoderma</i> spp.	0,0	0,0	3,3	6,7
<i>Cladosporium</i> spp.	0,0	1,7	3,0	3,3

Am Ende der Erntesaison 2003 konnten in den Gewebeproben der nicht gelagerten, nicht geschälten Spargelstangen die Pilzarten *Fusarium* spp., *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., *Crysosporium* spp., *Idriella* spp., *Eurotium* spp., *Mucor* spp., *Zygorhynchus* spp., *Rhizopus* spp. und *Aspergillus* spp. nachgewiesen werden (Tab 94). Der prozentuale Anteil von *Fusarium* spp., *Cladosporium* spp. und *Penicillium* spp. war im Stangensegment S1 höher, als in S2. *Idriella* spp. und *Zygorhynchus* spp. ließen sich nur im Segment S2 nachweisen, der Anteil von *Rhizopus* spp. war in beiden Segmenten gleich.

In Gewebeproben von nicht geschältem bei 20°C in Folie BAW 3 drei Tage gelagerten Spargelstangen konnte *Fusarium* spp., *Cladosporium* spp., *Penicillium* spp., *Crysosporium* spp., *Idriella* spp. und *Eurotium* spp. nachgewiesen werden (Tab.87).

Im Segment S1 überwog die Pilzart *Cladosporium* spp.,

in S2 wurden vermehrt *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Idriella* spp. und *Eurotium* spp. nachgewiesen. Qualitativ und quantitativ nahm die endophytische Pilzbesiedlung während der Lagerung ab (Tab. 87).

Tab. 87: Endophytische Pilzbesiedlung (%) von nicht geschälten, nicht gelagerten und drei Tage bei 20°C nicht geschält in Folie BAW 3 gelagerten Spargelstangen am Ende der Stechsaison 2003 (n = 30)

Pilzart	nicht gelagert		gelagert in BAW 3	
	S1 Pilzwachstum (%)	S2 Pilzwachstum (%)	S1 Pilzwachstum (%)	S2 Pilzwachstum (%)
<i>Fusarium</i> spp.	96,6	76,1	6,7	31,7
<i>Cladosporium</i> spp.	8,3	6,7	11,7	10,0
<i>Penicillium</i> spp.	25,0	15,0	1,7	8,3
<i>Crysosporium</i> spp.	10,0	10,0	3,3	3,3
<i>Idriella</i> spp.	0,0	6,7	0,0	2,5
<i>Eurotium</i> spp.	0,0	0,0	0,0	0,8
<i>Mucor</i> spp.	13,3	3,3	0,0	0,0
<i>Zygorhynchus</i> spp.	0,0	5,0	0,0	0,0
<i>Rhizopus</i> spp.	3,3	3,3	0,0	0,0
<i>Aspergillus</i> spp.	0,0	5,5	0,0	0,0

3.4 Fumonisin B₁.

In den Gewebeproben der nicht gelagerten, längs halbierten Spargelstangen (z. B. Probe Nr. 1a, Tab. 94) wurden die Pilzarten *Fusarium oxysporum* und *Fusarium proliferatum* nachgewiesen.

In Gewebeproben von drei Tage (20°C Lagertemperatur / Folie BAW 3) gelagerten Hälften derselben gelagerten Spargelstangen (z. B. Probe Nr. 1b, Tab. 94) wurden *Fusarium oxysporum*, *F. proliferatum* und *Penicillium* spp. festgestellt. Neun von zehn untersuchten Proben enthielten Fumonisin B₁ im Messbereich von 0,58 – 1,67 mg / kg (Tab. 88).

In den gelagerten Spargelstangenhälften hatte sich der Gehalt von Fumonisin B₁ gering erhöht.

Tab. 88: Fumonisin B₁ in Gewebeproben von nicht gelagerten und gelagerten Spargelstangen (Folie BAW 3, 20°C Lagertemperatur) am Ende der Stechsaion 2003 (z.B. Probe 1a und 1b siehe Kapitel D 2.3)

nicht gelagert			gelagert (Folie BAW 3)		
Probe Nr.	Nachgewiesene Pilzart	Fumonisin B ₁ (mg · kg ⁻¹ TS)	Probe Nr.	Nachgewiesene Pilzart	Fumonisin B ₁ (mg · kg ⁻¹ TS)
1a	<i>Fusarium oxysporum</i>	0,73	1b	<i>Penicillium</i> spp.	0,94
2a	<i>Fusarium proliferatum</i>	1,06	2b	<i>Fusarium oxysporum</i>	1,06
3a	<i>Fusarium oxysporum</i>	1,05	3b	<i>Fusarium oxysporum</i>	1,42
4a	<i>Fusarium proliferatum</i>	1,1	4b	<i>Fusarium proliferatum</i>	1,11
5a	keine	keine	5b	<i>Penicillium</i> spp.	1,67

E Diskussion

1 Prüfung der Kontrollvarianten von Spargel der Versuchsjahre 2001-2003

Die Kontrollvarianten der Jahre 2001 - 2003 aus der langjährigen Spargelertragsanlage Klaistow wurde auf Homogenität des Untersuchungsmaterials bezüglich der Qualitätsparameter in den Versuchsjahren 2001 – 2003 untersucht. Es wurden signifikante Unterschiede aller in der vorliegenden Arbeit untersuchten Qualitätsparameter festgestellt (Anhang Tab. 92).

Bei der Beurteilung der Qualitätsparameter der Lagervarianten wurden die Versuchsserien der Jahre 2001, 2002 und 2003 bezüglich der Textur und deren Korrelation zu den Qualitätsparametern gesondert statistisch aufbereitet.

Es wurde der Frage nachgegangen, worin die Ursachen der Inhomogenität des Versuchsmaterials zu suchen seien. Als eine mögliche Ursache sind klimatische Einflüsse zu nennen, da das Wachstum der jungen Spargelsprosse von der Boden- und Umgebungstemperatur, der Wasserverfügbarkeit und dem Licht- und Nährstoffangebot abhängt. Auch ist die Bodentemperatur für die Produktqualität von Bedeutung. SCHEER (2002) untersuchte das Wachstum von *Asparagus officinalis* L cv. Backlim bei Unterbodentemperaturen zwischen 7,5°C und 20°C und Oberflächentemperaturen zwischen 11°C und 22°C im Gewächshaus. Die Ergebnisse zeigten klare Zusammenhänge zwischen der Bodentemperatur und den Inhaltsstoffen Lignin, Cellulose, Hemicellulose und Pectine, die auch als „Ballaststoffe“ bezeichnet werden. Er

beobachtete, dass in den, bei relativ niedrigen Bodentemperaturen (7,5°C -10°C) gewachsenen Spargelsprossen, ca. 8 % höhere Ballaststoffgehalte vorlagen, als in den, bei vergleichsweise wärmeren Bodentemperaturen kultivierten Spargelsprossen. Diese Beobachtung konnte im Vergleich mit dem Jahre 2002 bei den Gehalten von wasserlöslichem (+64 %), EDTA-löslichem Pectin (+37 %) und unlöslichem Pectin (+2,9 %), Cellulose (+34 %) und Hemicellulose (+69 %) für die im Jahre 2003 bei großer Trockenheit und extrem kalten Temperaturen (DEUTSCHER WETTERDIENST, 2004) gewachsenen Spargelstangen dieser Versuchsreihe bestätigt werden, wobei die prozentuale Erhöhung der Ballaststoffe des Versuchsspargels im Durchschnitt mit 41 % um das Fünffache höher waren, als von SCHEER (2002) beobachtet. Einen Zusammenhang zwischen niedrigen Bodentemperaturen und der Englumigkeit des Gewebes frisch geernteter Spargelstangen zu Beginn der Ernteperiode stellte auch DUFAULT (1996) fest.

Die photosynthetische Leistung der grünen Pflanzenteile des Spargels nach der Erntesaison ist abhängig vom energetischen Lichtangebot. Es werden Reservekohlenhydrate gebildet, die gegen Ende der Vegetationsperiode in die Speicherwurzeln des Spargels eingelagert werden und deren Menge maßgeblich den Aufwuchs der Sprossen des nächsten Jahres bestimmt.

Ein starkes Nährstoffangebot könnte eine weitere Erklärung der Unterschiede der Qualitätsparameter sein: REGENBRECHT (1997) machte an *Pachyrhizus erosus* (Knollenbohne, Yam-bean) die Beobachtung, dass die von ihm angewandte Stickstoffdüngung den Trockensubstanzgehalt in den Pflanzenteilen erhöhte, am Stärksten waren Blattmasse und Sprosstteile betroffen, Angaben über den prozentualen Mehranteil fehlen. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Reserve-, Transport- und Gerüstkohlenhydrate von Bleichspargel in den verschiedenen Erntejahren, obwohl Sorte und Anbaufeld nicht variiert wurden, Schwankungen unterworfen waren.

2. Einfluss der Lagerkonditionen auf Qualitätseigenschaften von Spargel

Nicht geschälter und geschälter Spargel war nach zweitägiger Lagerung geringeren Schwankungen der Qualitätsparameter unterworfen als nach drei oder vier Tagen Lagerdauer. Zwischen dem zweiten und dem dritten und dem zweiten und dem vierten Lagertag konnten zum Teil signifikante Veränderungen der Qualitätsparameter beobachtet werden. Aus diesem Grunde kann die Lagerdauer von drei oder vier Tagen für nicht geschälten und geschälten Spargel nicht empfohlen werden.

Bei einer Lagertemperatur von 10°C waren nach zwei Lagertagen in den in Folie P-Plus 2 nicht geschält gelagerten Spargelstangen die geringsten signifikanten Abweichungen der Qualitätsparameter von der Kontrollvariante festzustellen (Tab. 89).

Tab. 89: Veränderungen der Qualitätsparameter von nicht geschältem Spargel nach zwei Tagen Lagerung bei 10°C Lagertemperatur

Folie	Qualitätsparameter	signifikante Veränderungen (%)
nicht verpackt	Lignin	+31,3
	Hemicellulose	+32,9
	EPF	+39,9
	UPF	+44,2
	Glucose	-22,3
	Saccharose	+25,5
OPPC	Hemicellulose	+28,9
	EPF	+25,8
	UPF	+43,5
	Saccharose	+41,2
PP	Hemicellulose	+42,6
	Cellulose	+28,7
	Fructose	+22,1
	Saccharose	-46,7
P-Plus 2	Lignin	+24,8
	Hemicellulose	+21,0
	Cellulose	+26,3
	EPF	-22,3
Coating	WPF	+34,1
	EPF	-23,9
	Lignin	+30,0
	Hemicellulose	+50,7
	Cellulose	+50,8
	Saccharose	-25,4
BAW 3	Lignin	+61,7
	Hemicellulose	+27,3
	Saccharose	+57,9

Von allen untersuchten Qualitätsparametern nicht geschälten Spargels veränderte sich in der Folie P-Plus 2 nur Lignin, Hemicellulose, Cellulose und EDTA-lösliches Pectin. Es gab keine Korrelationen zur Textur.

Nicht verpackte und in den Folien P-Plus 2, OPPC, PP und in BAW 3 verpackte, sowie mit Coating behandelte Spargelstangen wiesen eine Gemeinsamkeit auf: die Gehalte von Hemicellulose veränderten sich in diesen.

Hemicellulose wird aus Polysacchariden synthetisiert, die zur Gruppe der Xyloglucane gehören. CARPITA UND MCCANN (2000) beschreiben Xyloglucane als Polysaccharide („cross-linking-glucans“) in Dikotyledonen und Monokotyledonen (außer Palmen, Gräsern, Zypressen und Bromelien), die die Mikrofibrillen der Cellulose umkleiden und sich mit anderen Zellwandbausteinen wie Lignin, Strukturproteinen, Estern, Ethern und Hydrocinnamonsäuren verbinden. Xyloglucan ist Bestandteil der Primärwände und über Wasserstoffbrücken mit den Mikrofibrillen der Cellulose eng verbunden (HEß, 1999). O'DONOGHUE et al. (2001) machten bei nicht geschältem und unverpacktem Grünspargel die Beobachtung, dass Nacherntestress wie z.B. sinkender Turgor, Verletzungen der Sprosse, der Befall mit phytopathogenen Bakterien, Insekten und Pilzen die enzymatischen Steuerungen beeinflussen und Veränderungen im Molekulargewicht von Xyloglucan hervorrufen. Das bedeutet, dass der Zusammenhang mit der Veränderung der Textur gering ist, aber die Häufigkeit des Auftretens der Korrelation Anlass zu der Annahme gibt, dass die Veränderungen der Hemicellulose mit den Veränderungen der Textur in den beobachteten Versuchsvarianten gekoppelt sind. Die Art und Weise des Zusammenhangs sollte in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Es fiel auf, dass sich die Gehalte von Saccharose in allen Varianten, außer in Folie P-Plus 2, veränderten.

Die Saccharoseveränderungen haben ihren Grund in stoffwechseldynamischen Prozessen: Die Saccharose dient in den meisten Pflanzenfamilien als Transportkohlenhydrat. Der Transport erfolgt symplastisch, also außerhalb des Plasmalemmas, im Phloem. Nach der Münch'schen Druckstromhypothese findet eine Massenströmung von den Orten der Produktion (Source) zu den Orten des Verbrauchs (Sink) statt (HEß, 1999). Die Massenströmung an sich beruht auf rein physikalisch-osmotischen Gesetzmäßigkeiten: dem Konzentrationsgefälle zwischen Source und Sink. Eine zweite Hypothese besagt, dass symplastisches und partiell apoplastisches Beladen und Entladen des Phloems auch unter ATP-Verbrauch erfolgen können. Letzteres scheint für geernteten Spargel in Frage zu kommen, da die Massenströmung aus physikalischen Gründen gestört ist: der Transpirationstrom in den Gefäßbahnen kommt zum Erliegen, da die Spargelsprosse von der Wurzel getrennt ist. Besonders auffällig war der Anstieg des Saccharosegehaltes (61,3 %) bei 2°C Lagertemperatur. Diese Akkumulation von Saccharose bei 2°C führen HERPPICH et al.(2005) auf eine Kältestressreaktion des Spargels zurück.

Auch geschält gelagerte Spargelstangen in Folie P-Plus 2 zeigten bei einer Lager-temperatur von 10°C die geringsten signifikanten Abweichungen bei den untersuchten Qualitätsparametern. Im Gegensatz dazu ergaben die in vorliegender Versuchsreihe geprüften Lagertemperaturen von 2°C und 20°C für geschälten Spargel in allen Folienvarianten signifikante Veränderungen der Qualitätsparameter. Sie wiesen teilweise extreme Veränderungen einzelner Qualitätsparameter auf.

Der Anstieg der Ligningehalte korrelierte bei 2°C und 20°C bei nicht geschältem und bei 20°C bei geschältem Spargel auffällig häufig mit der Textur. Bei 10°C wurde eine schwache Korrelation zur Textur nur in einem Falle beobachtet, in Folie BAW 3 ($B = 4\%$, $\alpha = 0,05$). Das zeigt, dass die Ligninbildung bei 10°C gehemmt war.

Aus der Literatur ist bekannt, dass Spargel auch nach der Ernte noch Lignin synthetisiert (BILLAU, 1987; SCHEER, 2002). Interaktionen des Lignins über Wasserstoffbrücken und van-der-Waals-Kräfte mit Strukturproteinen und Polysacchariden sind beschrieben worden (WALDRON und SELVENDRAN, 1990) und CARPITA und MCCANN (2000) weisen auf die Interaktionen des Lignins mit Estern, Ethern, Hydrozimsäure-Estern und Hydrozimsäure-Ethern hin. So kann die vermehrte Ligninbildung im gelagerten Spargel auch auf Verbindungen mit Estern, Ethern oder Säuren zurückgehen, in denen Polymere gelöst und zu den Orten ihrer Synthese transportiert werden können. Nach O'DONOGHUE et al. (2001) ist die signifikante Veränderung des Lignins ein Anzeichen für aktivierten Stoffwechsel. O'DONOGHUE et al. (2001) nehmen an, dass die Aktivität der Xyloglucan-Endotransglycosylase (XET) innerhalb der ersten 72 Stunden nach der Ernte möglicherweise die Entwicklung der Lignifizierung der Sekundärzellwände von Spargelgewebezellen steuert. XET ist ein Enzym, dass die Spaltung des β -(1,4,-)Glucan in Xyloglucanmoleküle katalysiert.

Für erhöhte Stoffwechselaktivität führt KADER (2002) gestiegene Atmungsraten an. Hierbei werden Kohlenhydrate zur Aufrechterhaltung des Stoffwechsels abgebaut. Somit kann der Verlust von Trockensubstanz, deren hauptsächlichster Bestandteil Kohlenhydrate sind, als Maß für die Stoffwechselaktivität dienen. Die in vorliegender Arbeit geprüften Spargelstangen, die in Folienverkaufsverpackungen P-Plus 2 bei 10°C gelagert wurden, zeigten bis zum zweiten Lagertag keine signifikanten Veränderungen des Trockensubstanzgehaltes, während die Spargelstangen einer signifikant hohen Abnahme des Trockensubstanzgehaltes unterlagen, die in PP (-14,4 %) und BAW 3 (-16,6 %) gelagert wurden.

Ferner treten als Stressreaktion hohe Atmungsraten auf, wenn Pflanzengewebe nicht ausreichend mit Sauerstoff versorgt werden. Die Abnahme des Sauerstoffs in den Folienverpackungen ist auf stoffwechselphysiologische Prozesse zurückzuführen, da die in der Atmungskette anfallenden Wasserstoffatome an Sauerstoff gebunden werden müssen, hierbei entsteht H_2O . Ist kein Sauerstoff zur Verfügung, läuft die Atmung unvollständig ab und es entstehen Gärungsprodukte.

Hohe Atmungsraten treten auch bei Stressreaktionen nach Verwundungen (CANTWELL, 1999) auf. Die Pflanzen können dann die energetischen Bedürfnisse nach der Ernte durch partielle dissimilatorische Prozesse abdecken. Der durch intensive Synthesen erhöhte Bedarf an Energie verursacht eine Verdoppelung bis Verdreifachung der Atmungsintensität (JACOB et al., 1994). Bei der enzymatischen Spaltung der Saccharose in Fructose und Glucose, dienen die Glucosemoleküle neben dem Energiegewinn, auch zur Synthese von Gerüstkohlenhydraten wie z. B. Cellulose. Studien zum Stoffwechselweg von Glucose zu Cellulose haben ergeben, dass UDP-Glucose das hauptsächlichste Substrat für die Cellulosesynthase ist. Iso-Saccharosesynthase, ein Enzym, das UDP-Glucose direkt aus der Saccharose bilden kann, katalysiert wahrscheinlich die enzymatischen Vorgänge (TAIZ, 1984). In den Folien P-Plus 2 betrug der Anstieg des Cellulosegehaltes in den Spargelstangen bis zum zweiten Lagertag 20,0 %, bei der Coating-Behandlung war ein Anstieg von 26,2 % im Vergleich zu nicht gelagertem Spargel zu beobachten. So ist zu vermuten, dass geschält gelagerter Spargel, einer über enzymatische Prozesse gesteuerten Cellulosebildung unterliegt.

Das Cellulosegerüst ist nicht nur der Ort der Xyloglucansynthese, sondern auch Bildungsort von Pectinsubstanzen, die die Mikrofibrillen gelartig umgeben. Pectinsubstanzen haben Funktionen als Gerüstsubstanzen, regulieren die Zellwandporosität, den pH-Wert, die Zelladhäsion zur Mittellamelle und den Zugriff zellwandabbauender Enzyme zu ihren Glucansubstraten (BUCHANAN et al., 2000). Auch sind die durch die Mittellamellen gebildeten Interzellularräume oft mit pectinreichen Polysacchariden angefüllt, die bei älteren Zellen abgebaut werden und eine Deformation des Interzellularraumes zur Folge haben.

Vergleicht man die signifikanten Veränderungen der Qualitätsparameter bei 10°C (Tab. 90) und die Korrelationen zur Textur (Tab. 91), so fällt auf, dass sich nur bei Folie P-Plus 2 (unlösliches Pectin) und in der Coating-Variante (Hemicellulose) die signifikanten Veränderungen mit der Textur korrelieren ließen. Bei den anderen untersuchten Folienverpackungen und Lagertemperaturen von 2°C und 20°C sind die Veränderungen der Pectinfraktionen auffällig häufig mit der Veränderung der Textur korreliert. Das lässt den Schluss zu, dass die Lagertemperatur von 10°C die Veränderungen der Pectinfraktionen verlangsamt.

Bezüglich der Pectinfraktionen kann die schon von HUYSKENS-KEIL (1998) gemachte Beobachtung bestätigt werden, dass nicht die absolute Menge der Veränderungen der einzelnen Pectinfraktionen das entscheidende Kriterium für die Zellwandveränderungen ist, sondern das Verhältnis von wasserlöslichem zu unlöslichem Pectin. Die Werte zeigen, dass in der Folie P-Plus 2 bei 10°C dieses Verhältnis 1 : 0,8 beträgt und gleich ist mit dem Verhältnis wasserlöslichen Pectins zu unlöslichem Pectin am Erntetag. Das lässt den Schluss zu, dass die Seneszenzprozesse des in der Folie P-Plus 2 gelagerten Spargels (mangelnde Zelladhäsion, Aktivität zellwandabbauender Enzyme) verzögert werden.

Seneszenzprozesse in gelagerten Spargelstangen können auch durch Wasserverlust eingeleitet werden (HERPPICH et al., 2005). Der Wasserverlust wird prozentual auf die Frischmasse bezogen. Bei Spargelstangen, die in der Folie P-Plus 2 zwei Tage bei 10°C gelagerten wurden, war der geringste Frischmasseverlust zu beobachten. Mit 0,03 % nach zwei Lagertagen wich er nicht signifikant von der Frischmasse ungelagerter Spargelstangen ab und lag deutlich unter dem Frischmasseverlust der restlichen untersuchten Varianten (Tab. 79).

Es ist anzunehmen, dass die Materialeigenschaften der Folie P-Plus 2 das Wasserdampfgefälle zwischen dem Innenraum der Folie und der Umgebungsluft so günstig beeinflussten, dass kaum Frischmasseverluste des Spargels eintraten.

Nicht alle signifikanten Veränderungen der Qualitätsparameter wirkten sich nach zwei Lagertagen bei 10°C auf die Textur aus, daher wurde versucht, über das Bestimmtheitsmaß (Tab. 91) eine Beziehung zur Textur geschälten Spargels zu finden. Hierbei fiel auf, dass die wasserlösliche und unlösliche Pectinfraktion bei fünf von sieben Folien mit der Textur korrelierten. In zwei Fällen war es die Hemicellulose (BAW 1, Coating). In der Folie P-Plus 2 war es zusätzlich die Glucose und die Saccharose und in der Folie P-Plus 3 die Fructose.

Tab. 90: Signifikante Veränderungen (%) der Qualitätsparameter von geschältem Spargel nach zwei Tagen Lagerdauer bei 10°C Lagertemperatur in Abhängigkeit von der Verpackungsfolie ($\alpha = 0,05$)

Folien	Qualitätsparameter	signifikante Veränderungen (%)
OPPC	Lignin	+26,4
BAW 1	Lignin	+20,9
PP	Glucose	+20,9
	Hemicellulose	+31,1
P-Plus 2	Wasserlösliche Pectinfraktion	+32,4
	Unlösliche Pectinfraktion	+39,4
	Cellulose	+20,0
	Hemicellulose	+26,5
Coating	Unlösliche Pectinfraktion	+50,4
	Hemicellulose	+35,6
	Cellulose	+26,2
	Fructose	+25,8
BAW 3	EDTA-lösliche Pectinfraktion	-32,5
	Lignin	+52,2
P-Plus 3	EDTA-lösliche Pectinfraktion	-40,2
	Lignin	187,7

Tab. 91: Bestimmtheitsmaß der Qualitätsparameter zur Textur von Spargel
(geschält, Lagertemperatur 10°C)

Folie	Qualitätsparameter	B (%)
OPPC	Wasserlösliche Pectinfraktion	5
BAW 1	Wasserlösliche Pectinfraktion	5,3
	Hemicellulose	5,3
PP	keine	keine
P-Plus 2	Unlösliche Pectinfraktion	7,1
	Glucose	4,0
	Saccharose	5,5
Coating	Hemicellulose	5,1
BAW 3	Unlösliche Pectinfraktion	5,0
P-Plus 3	Unlösliche Pectinfraktion	4,8
	Fructose	4,7

Die nur geringe, aber häufige Korrelation, dargestellt durch das Bestimmtheitsmaß (Tab. 91) lässt den Schluss zu, dass für die Veränderungen der Textur von geschältem Spargel nach zwei Tagen Lagerdauer bei 10°C Lagertemperatur die Veränderungen der wasserlöslichen Pectinfraktion, der unlöslichen Pectinfraktion, der Hemicellulose, Glucose und Saccharose verantwortlich sind ($\alpha = 0,05$).

Letztlich bestimmen die Folieneigenschaften Folienart, -dicke, Wasserdampfdurchlässigkeit und die Permeabilität für O₂ und CO₂ die Stoffwechselaktivität der Produkte. Hier bietet sich der Respirations-Quotient (KADER, 1987) als produktabhängiges Maß an. Beim Vergleich der Respirations-Quotienten der untersuchten Folien bei unterschiedlichen Lagerkonditionen konnte festgestellt werden, dass sich bei 10°C Lagertemperatur in der Folie P-Plus 2 nach zwei Tagen Lagerdauer für nicht geschälten und geschälten Spargel die geringsten Veränderungen der Qualitätsparameter ergaben. Der Respirations-Quotient der Folie P-Plus 2 betrug 0,65.

Auf der Suche nach zerstörungsfreien Methoden zur Qualitätsbeurteilung von Spargel wurde versucht, über die Farbveränderungen von Spargel Daten zu gewinnen, die sich möglicherweise mit in dieser Versuchsreihe analysierten Qualitätsparametern in Beziehung setzen lassen. Der C*-Wert wurde gewählt, weil er alle im Minolta-

Farbmeßsystem erfassten Farbkriterien widerspiegelt. Es wurde festgestellt, dass die Farbveränderungen während der Lagerdauer von vier Tagen primär von der Lagertemperatur und sekundär von der Lagerdauer abhingen. Die Lagertemperatur von 10°C für unverpackten und in Folie verpackten Spargel wich nicht signifikant von den Kontrollen der jeweiligen Varianten ab. Da sich Farbmessungen bei anderen gartenbaulichen Produkten, wie z.B. Tomaten oder Äpfeln (THOMPSON, 1999) zur Feststellung des Erntetermins oder eines bestimmten physiologischen Zustandes des Produktes durchgesetzt haben, ist es erstrebenswert, auch für Spargel in Verbindung mit hier nicht untersuchten Qualitätsparametern Farbmessungen als nicht destruktive Methode weiter zu erproben.

3 Physiologische Veränderungen in den Spargelsegmenten während der Lagerung

Die Verschiedenartigkeit der Stoffwechselprozesse innerhalb der Pflanzen und ihrer als Gemüse verwendete Teile (Blätter, Stängel, Rübenkörper etc.) war Gegenstand der Untersuchung von NG et WALDRON (1997). Sie untersuchten Karotten (*Daucus carota* L.) auf Veränderungen der Zellwandpolysaccharide und deren Einfluss auf die Textur und fanden keine signifikanten Unterschiede zwischen dem oberen, das Kraut tragenden und dem, die Wurzeln bildenden Teil des Rübenkörpers. Dagegen fand ULRICH (2000) in den von ihm untersuchten Bundmöhren mit Laub starke Beeinflussung der Stoffwechselvorgänge durch das am Rübenkörper während der Lagerung verbleibende grüne Möhrenkraut auf die Beschaffenheit des Rübenkörpers. Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Segmente nicht geschälten nicht gelagerten Spargels S1 (Spargelspitze bis 7 cm) und S2 (restliche Sprosse) unterschieden sich in den Parametern Trockensubstanz und Lignin signifikant voneinander (Anhang Tab.94), so dass man klar eine meristematische Zone (S1) und eine Zone im Stadium der Ausdifferenzierung (S2) erkennen konnte.

Bei der Lagerung ungeschälten Spargels reagierten S1 und S2 auf die Lagertemperatur von 2°C und 20°C mit unterschiedlich großen Veränderungen der Qualitätsparameter (Anhang Tab. 95). Auch Lagerung bei 10°C in Verbindung mit der Folienverpackung (P-Plus 2) hatte teilweise signifikanten Einfluss auf die Veränderungen in S1 und S2 (Anhang Tab. 96). Die Stoffwechselvorgänge nach der Ernte in der apikalen Wachstumszone und der Sprosse sind den verschiedensten Einflüssen ausgesetzt, da sich die stoffwechselrelevanten Veränderungen innerhalb einer durch das genetische Material gesetzten Reaktionsnorm bewegen, innerhalb derer äußere und innere Faktoren auf die Nachernteprozesse einwirken. In Organismen, hier z.B. im Spargel, vollziehen sich intrazelluläre und interzelluläre Prozesse, bei denen hinter jeder Merkmalsbildung mehrere Stoffwechselreaktionen stehen. Zu den intrazellulären Reaktionen gehören die Genexpression und die Enzymaktivität, während die Phytohormonaktivität ein interzellulärer Prozess ist (HEß, 1999). Als mögliche Reaktion bei frisch geerntetem Spargel sei hier auf die Hypersensitivitäts-Reaktion hingewiesen: bei Verletzungen (Abschneiden der Sprosse von der Mutterpflanze) die sonst an der Pflanze durch Insekten oder eingedrungene Pilzhyphen verursacht

werden, können als Abwehrmaßnahmen die Zellwände verändert und durch Lignine, Tannine, Kallose, Suberin und hydroprolinreiche Zellwandproteine verstärkt werden. Veränderungen im Trockensubstanzgehalt der Segmente gegenüber der Kontrolle können Aufschluss über den Verbrauch von Kohlenhydraten zur Gewinnung von Stoffwechselenergie geben. In der Trockensubstanz der Pflanzen finden sich die meisten Kohlenhydrate wieder. Die Trockensubstanz besteht aus circa 10-30 % Pectinen (ULRICHS, 2000) 25-50 % Cellulose sowie 10-15 % Hemicellulose. Ebenfalls enthalten sind Stärke, Strukturproteine, sowie Lignine (ULRICHS, 2000). Veränderungen im Trockensubstanzgehalt während der Lagerung des Spargels stellen somit Verluste von Kohlenhydraten dar. Nicht geschälter, zwei Tage gelagerter Spargel zeigte signifikante Trockensubstanzverluste in S1 bei 2°C (-23 %) und bei 20°C Lagertemperatur (-10 %), in S2 konnten keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden. Das zeigt, dass die meristematische Zone mit erhöhter Stoffwechselaktivität auf Nacherntestress reagiert. So kann an der von der Zelle verbrauchten Saccharose die Aktivität der metabolischen Vorgänge abgelesen werden.

Da die Spargelspitze bei 20°C Veränderungen von -13 % Fructose und von -29 % Glucose im Vergleich zur Kontrolle aufwies, die Veränderung von Glucose in S2 nur -10% betrug und die von Fructose nicht signifikant (+2%) unterschiedlich war, kommt dem Stoffwechselgeschehen in der Spargelspitze die größere Bedeutung während der Kurzzeitzlagerung zu. Pflanzliche Zellen sind grundsätzlich dazu befähigt, einfache und länger-kettige Kohlenhydrate aufzubauen (Gluconeogenese) sowie abzubauen (Glycolyse). Da die beiden Prozesse unter teilweiser Benutzung derselben Reaktionsbahnen ablaufen, ist hierbei eine präzise, bedarfsabhängige Kontrolle des Substratflusses durch metabolische Regelkreise erforderlich (STRASBURGER et al., 1987). Die Saccharose stellt hierbei die häufigste Transportform dar.

Die aktiven Stoffwechselprozesse im Segment S1 lassen sich auch anhand der Infrarot-Photographie belegen, hier liegen die von der Kamera erfassten Wärmegrade an der Spargelspitze um 2 - 3,5°C höher, als in der restlichen Spargelstange.

Eine weitere Möglichkeit, die Unterschiede in den Spargelstangensegmenten zu erklären, wäre der Einfluss des physikalischen Faktors Licht, dem die Spargelstange direkt nach der Ernte ausgesetzt ist. Lichtgesteuerte Stoffwechsel- und Entwicklungsprozesse sind die Photosynthese, die Chlorophyll-Synthese, der Aufbau funktionsfähiger Chloroplasten und die Synthese von Anthocyanen (HEß, 1999). Letztere

verursachen die Verfärbung der Spargelspitzen ins Zart- bis Dunkelviolette, wenn dieselbe beim Durchbrechen des Spargeldammes dem Licht ausgesetzt sind.

Ein weiterer, die Stoffwechselaktivität stark beeinflussender Faktor, ist die Wasserversorgung. Mit dem Trennen der Spargelsprosse von der Mutterpflanze wird die Wasserversorgung unterbrochen. Damit unterliegt die geerntete Spargelstange einem Wasserstress, der zur Aktivierung zahlreicher Gene führt. Eine Gruppe von Genen produziert Schutzproteine, die Ionen abfangen, eine zweite Gen-Gruppe codiert für niedermolekulare osmoprotektive Substanzen. Sie verursachen eine Regulierung des osmotischen Druckes und stabilisieren Makromoleküle und Zellstrukturen bei Wasserverlust der Zelle. Hierher gehören bei höheren Pflanzen vor allem Prolin, Glycin-Betain, Zuckeralkohol wie Mannit und Zucker wie Saccharose. Ein Saccharose-Import in die Zellen trägt zur Erhöhung des osmotischen Wertes bei (HEß, 1999). Entscheidend für den Wasserverlust der Spargelsprosse ist, neben der Größe der Verletzungsfläche und der Luftfeuchte der Umgebungsatmosphäre, die Lagertemperatur. Nicht nur der Verlust der Wasser- und Nährstoffquellen des Spargels führt zur Veränderung der Stoffwechselaktivitäten, die Spargelstange ist auch dem Temperatur-Stress ausgesetzt. HEß (1999) beschrieb stoffwechselrelevante Auswirkungen eines plötzlichen Temperaturanstiegs über die Durchschnittstemperatur hinaus, unter der der betreffende Organismus lebt. Das könnte möglicherweise auch für Spargel dieser Versuchsreihe zutreffen, da Temperaturen von 14°C bis 23°C von der Ernte bis zur Aufbereitung der Sprossen gemessen wurden. Zu den Reaktionen auf plötzlichen Temperaturanstieg gehört, dass die Transkription vieler Gene eingestellt und diejenige anderer Gene innerhalb kürzester Zeit stimuliert wird und zur Bildung thermostabiler Proteine führt.

Fumonisin B₁ - Problematik und Einflussfaktoren auf das endophytische Pilzwachstum

Für den Käufer von Spargel steht neben dem Genusswert auch zunehmend der Gesundheitswert des Spargels im Vordergrund (HUYSKENS - KEIL, 2001; TEBEL - NAGY, 1998; OBERBEIL, 1996). Hierbei wurde in neuerer Zeit in wissenschaftlichen Untersuchungen den Mykotoxinen besondere Beachtung geschenkt (LONGRIECO et al., 1998, GAREIS, 2001, RODEMANN, 2004). Mykotoxine, die im Rahmen des Sekundärstoffwechsels von Micromyceten beim Wachstum auf pflanzlichen Substraten gebildet werden, könnten möglicherweise auch im Spargel vorhanden sein, da die an Spargel hauptsächlich vorkommenden Pilzarten *Fusarium proliferatum* und *Fusarium oxysporum* als Mykotoxinbildner bekannt sind.

Mykotoxine sind von Pilzen produzierte Stoffe des Sekundärstoffwechsels mit unterschiedlich ausgeprägter Human- und Tiertoxizität. Die chemische Struktur ist unterschiedlich und ebenso ihre Wirkung. Neben den Pilzgattungen *Aspergillus* und *Penicillium* sind es vor allem Pilzarten der Gattung *Fusarium*, die zu den Toxinbildnern zählen (RODEMANN, 2004). LONGRIECO et al. (1998) wiesen Fumonisin B₁ in mit *Fusarium proliferatum* infizierten Spargelstangen nach. Fumonisine sind Amino-Polyalkohole, die kanzerogene Wirkungen auf den tierischen Organismus zeigen und Leber- und Nierenschäden verursachen. Bis zum Ende des Jahres 2001 waren sechs verschiedene Fumonisine bekannt (B₁ bis B₆), von denen das B₁ vermutlich die höchste Toxizität besitzt (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR GESUNDHEIT UND LEBENSMITTELSICHERHEIT, 2002). Im Jahre 2004 gab NOWAK (2004) ebenfalls sechs Fusarien-Mykotoxine an, jedoch mit den Bezeichnungen FB₁-FB₄ und FA₁ und FA₂ und SEIFERT (2004) nennt für *F. oxysporum* das Mykotoxin Fumonisin C. Über die Beeinträchtigung der Gesundheit von Nagetieren durch Aufnahme von Fumonisin B₁ berichtete VOSS (2001) und HUMPF (2004) machte auf Untersuchungsergebnisse aufmerksam, die das Mykotoxin Fumonisin B₁ mit Speiseröhrenkrebs beim Menschen in Verbindung bringen. Die gesundheitsbeeinträchtigende Wirkung der Mykotoxine für Mensch und Tier ist Gegenstand weitreichender Forschungen und der Gesetzgeber trägt dem auf der Basis des wissenschaftlich-technischen Fortschritts Rechnung, indem derzeit die im § 2a entwickelten Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenbau vom 21.11.1998 neu gestaltet und diskutiert werden.

Eine wichtige inhaltliche Neuerung betrifft die Vermeidung der Mykotoxinbildung (BURTH et al., 2004). Seitens der EU werden laufend weitere wichtige Festlegungen von Grenzwerten für Mykotoxine in Getreide und Getreideprodukten erarbeitet, wobei andere Nutzpflanzen und der Einfluss von Nacherntemaßnahmen und Lagerung wahrscheinlich in den nächsten Jahren nicht mehr übergangen werden können (BÜTTNER und DEHNE, 2004). Derzeit sind etwa 400 verschiedene Mykotoxine bekannt, von ca. zwanzig ist nachgewiesen, dass sie in Nahrungsmitteln häufig und in höheren Konzentrationen auftreten können und daher aus der Sicht des Verbraucherschutzes Bedeutung besitzen (GAREIS, 2002). Die bekanntesten sind Aflatoxin, Ochratoxin, Patulin, Ergotalkaloide und die Fusarium-Toxine Zearalenon, Deoxynivalenol, Moniliformin und Fumonisin B₁ bis B₆ und Fumonisin C. Es konzentriert sich die Mykotoxinforschung in den gemäßigten Breiten jedoch auf Fusarienarten, die natürlicherweise in Getreidekulturen wie z.B. Brau- und Futtergerste (SCHOLZ, 2004) oder Weizen (TISCHNER, 2004) vorkommen, da die verschiedenen Fusariumarten mit ihrem variablen Toxinspektrum eine einzigartige wirtschaftliche Gefährdung der Getreideerzeuger und eine potentielle Verbrauchergefährdung darstellen (JANSEN et al., 2004). Fumonisine kommen hauptsächlich natürlicherweise in Mais vor, der in tropischen und subtropischen Gebieten angebaut wird. Sie können auch unter natürlichen Bedingungen in gemäßigten Klimaten gebildet werden, wie bei Untersuchungen an Körnermais aus Mitteleuropa festgestellt wurde (MEISTER, 1996). Mais als Vorfrucht birgt das höchste Risiko in sich, nachfolgende Kulturen mit Fusariumarten zu infizieren (TISCHNER, 2004). Auch für andere, hauptsächlich an Getreide vorkommende Fusariumarten wies VERREET (2002) nach, dass Körnermais als Vorfrucht das höchste Infektionsrisiko bewirkt. Bei einer für diese Pilzarten so anfälligen Pflanze wie dem Spargel, sollte Mais als Vorfrucht ausgeschlossen werden, denn bei Untersuchungen von Spargel, der mit *F. proliferatum* künstlich infiziert war, wiesen LONGRIECO et.al. (1998) Fumonisin B₁ nach. Schon LE BARS (1994) hatte die Fähigkeit des Pilzes nachgewiesen, bei geeigneten Bedingungen Fumonisin B₁ zu bilden. Mit *F. proliferatum* natürlich infizierte Spargelstangen wurden von GOßMANN et al. (2004) auf Fumonisine untersucht und hierbei Fumonisin B₁ in beiden Untersuchungen detektiert. *F. proliferatum* ist, neben *F. oxysporum*, als zweithäufigste Krankheitsursache, besonders in mehrjährigen Spargelkulturen, beobachtet worden (GOßMANN et al., 2004, SONODA et al. 2002).

Die hier untersuchten erntefrischen Spargelstangen zeigten keine sichtbaren Symptome einer Pilzerkrankung. Die Pilzarten, die nachgewiesen werden konnten (Tab. 76), wurden im Gewebe der Spargelstangen gefunden. Gleiches traf für die gelagerten Spargelstangen zu. Daher ist es schwierig, die an der endophytischen Besiedlung der untersuchten Spargelstangen beteiligten Pilzarten zum Zeitpunkt der Untersuchung schon als parasitische, latent parasitisch oder saprophytische Pilzbesiedlung zu charakterisieren. Für endophytische Pilze ist bekannt, dass sie eine längere latente Phase des Wachstums, in der sie an der Pflanze keine Symptome hervorrufen, durchlaufen können, bevor sichtbare Krankheitszeichen erscheinen (REDLIN und CARRIS, 1996). Sie können nahezu ihren gesamten Lebenszyklus in Pflanzengeweben durchlaufen (SALA et al, 1993) und sind dabei in der Lage, Änderungen in der Physiologie des Wirtes hervorzurufen. Über den Zeitpunkt der endophytischen Pilzbesiedlung der untersuchten erntefrischen und gelagerten Spargelstangen können nur Vermutungen angestellt werden, möglich wäre die direkte Infektion durch bodenbürtige Pilzarten. Jährlich werden pro Pflanze sieben bis zehn Sprossen entnommen und im Laufe der acht- bis zehnjährigen Standzeit einer Ertragsanlage kommt es zu vielen Verletzungen, die den bodenbürtigen Pilzen früher oder später die Möglichkeit bieten, in die Pflanze einzudringen und als Hyphe im Wurzel-, Rhizom- oder Kronenbereich zu überdauern (BOONEN, 2001).

Das Pilzwachstum schien unterschiedlichen Einflüssen ausgesetzt zu sein, denn die Erntejahre 2002 und 2003 unterschieden sich bezüglich des quantitativen Aufkommens signifikant. So wichen die Pilzarten *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp., *Cephalosporium*-artige Pilze und *Crysosporium* spp. im Jahre 2003 signifikant von den Ergebnissen des Jahres 2002 ab. Da in erster Linie die relative Luftfeuchtigkeit und Temperatur das Pilzwachstum steuern (PERSON et al., 1996), könnten die extremen Klimabedingungen der Jahre 2002 und 2003 großen Einfluss gehabt haben. Das Jahr 2002 war in den Monaten Februar bis Mai zu kalt und zu nass, das Jahr 2003 zu kalt und zu trocken (CLAUSSEN und CUBASCH, 2004). Für die Versuchsjahre 2002 und 2003 wichen für die Koordinaten 52,4°Nord, 13,5°Ost, 70m Höhe über NN (Potsdam/Beelitzer Spargel-Anbaugebiet) die, die Niederschläge und Temperaturen betreffenden Daten stark vom langjährigen Mittel des Beobachtungszeitraums der Jahre 1961 - 2000 ab (Abb. 24). Betrachtet man einen noch längeren Zeitraum, dann waren die Sommer 2002 und 2003 die extremsten seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahre 1891 (DEUTSCHER WETTERDIENST, 2004).

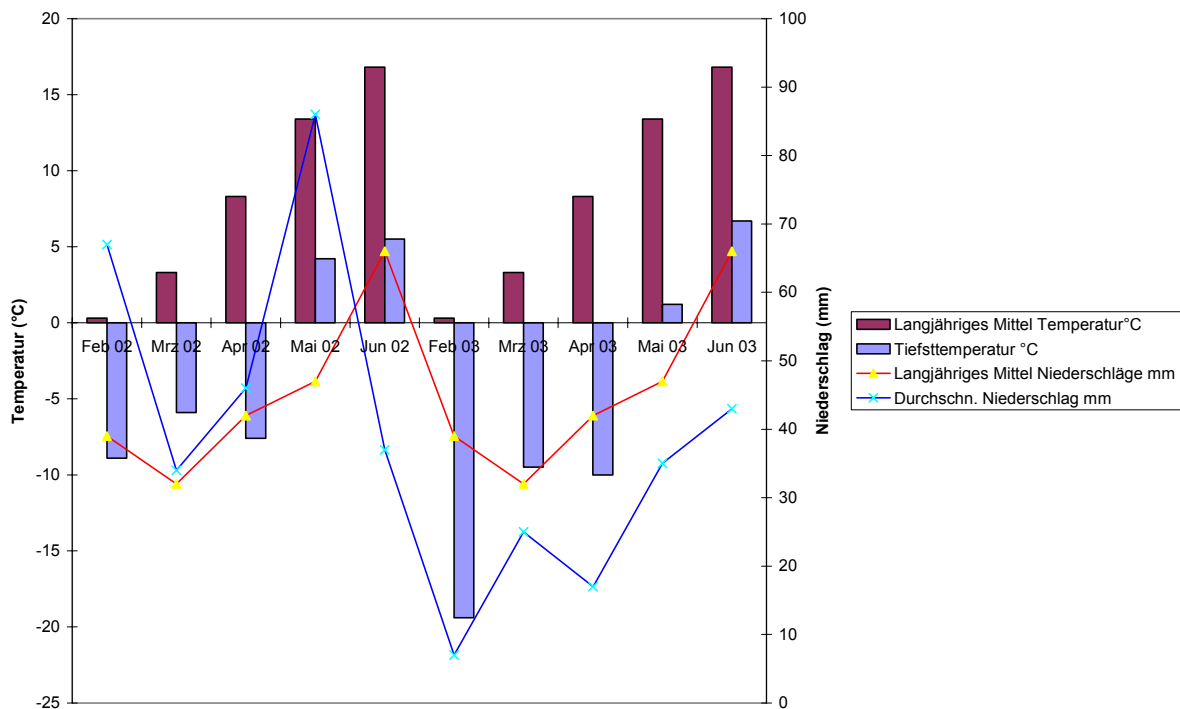


Abb. 24: Monatsdurchschnitts- und Mindesttemperaturen sowie Niederschläge für das Potsdam / Belitzer Anbauggebiet in den Jahren 2002 und 2003 im Vergleich zum langjährigen Mittel der Jahre 1961-2000 (DEUTSCHER WETTERDIENST, 2004).

Der als Gemüse genutzte Teil von Pflanzen, der direkt aus dem Erdboden entnommen wird, ist verstärkt mit bodenbürtigen Pilzarten belastet. MÜLLER (1983) nannte als wichtige pilzliche Krankheitserreger an der Spargelpflanze (Wurzel, Krone bzw. Stängel) zum Zeitpunkt der Erntesaison *Fusarium oxysporum*, *Fusarium culmorum* und *Phytophthora spp.* WEIDENBÖRNER (1999) beobachtete an den Spargelstangen zum Zeitpunkt der Ernte *Alternaria spp.*, *Aureobasidium spp.*, *Chaetomium spp.*, *Epicoccum spp.*, *Fusarium spp.*, *Mucor spp.*, *Phoma spp.*, *Rhizopus spp.*, *Aspergillus spp.*, *Cladosporium spp.*, *Myrothecium spp.*, *Penicillium spp.*, *Rhizoctonia spp.* und *Stemphylium spp.* Die vorgenannten Autoren gaben nicht an, ob die nachgewiesenen Pilzarten auf der Cuticula oder im Gewebe des Spargels gefunden wurden.

Qualitativ ließ sich in den Jahren 2002 und 2003 in den Spargelstangen ein vielfältiges endophytisches Pilzspektrum nachweisen, das neben den oben genannten Pilzarten, außer *Phytophthora spp.*, *Myrothecium spp.*, *Chaetomium spp.*, *Epicoccum spp.* und *Stemphylium spp.*, weitere elf Pilzarten umfasste (Tab. 76). Vergleicht man in beiden Jahren den Beginn der Erntesaison mit dem Saisonende, so war in den untersuchten Gewebeproben das nachgewiesene Artenspektrum zu Saisonende vielfältiger und auch

quantitativ nahm in beiden Versuchsjahren die endophytische Pilzbesiedlung im Verlaufe der Erntesaison in den Spargelstangen zu.

Die in ihrer Häufigkeit oder wegen ihres Mykotoxinbildungsvermögens auffälligen Pilzarten werden im Folgenden diskutiert:

Idriella bolleyi

Im Jahre 2002 wurde als häufigste Pilzart bei nicht gelagertem und gelagertem Spargel *Idriella bolleyi* gefunden. *Idriella bolleyi* wird in der Literatur als Pilz beschrieben, der auf lebenden und toten Pflanzenteilen der verschiedensten Pflanzen lebt (DOMSCH and GAMS, 1970). Der Wirtspflanzenkreis scheint unbegrenzt zu sein, offenbar mit besonderer Anreicherung an besonders jungen und alten Pflanzenteilen. Der Pilz besitzt hohe Aktivität beim Abbau von Pectin, Xylan und Carboxymethylcellulose. Er ist im Allgemeinen nicht pathogen, kann jedoch Keimlingskrankheiten bei Getreide, Luzerne und Kürbis hervorrufen (DOMSCH and GAMS, 1970). LASKARIS UND DEAKON (1994) schreiben dem Pilz, aufgrund seiner hohen Sporulationsleistung, antagonistische Wirkung gegen *Fusarium avenaceum*, *Mucor hiemalis* und *Verticillium agaricinum* zu. Als schwach pathogen an basalen seneszenten Stängelgeweben und Wurzelhaaren bezeichnen ihn KIRK UND DEAKON (1987). Als Antagonisten zu *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton, *P. herpotrichoides* var. *herpotrichoides* Nirenberg (Fron) Deighton, *P. herpotrichoides* var. *aucuformis* Nirenberg (Fron.) Deighton, *P. anguioides* Nirenberg, *P. aestiva* Nirenberg und *Rhizoctonia cerealis* beschreiben ihn REINECKE und FOKKEMA (1981). In Übereinstimmung damit, beobachteten ALLAN et al. (1992), dass auf sterile Cerealienwurzeln aufgebrachte Conidien von *Idriella bolleyi* die toten Wurzelhaare rapide kolonisierten, sich aber von den gesunden fern hielten. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass von *Idriella bolleyi* die kommerzielle Produktion von Sporensuspensionen unter Umgehung der Mycel-Phase, d.h. direkt aus den Sporen möglich ist, bekannt als „Microcyle conidation“ (LASKARIS UND DEAKON, 1994). So räumt diese Art der schnellen Vermehrung dem Pilz die Chance ein, die Ressource als erster zu besetzen und anderen Pilzarten wenig Lebensraum zu überlassen. Auffällig war, dass in den Spargelstangen, die in Folie gelagert wurden oder mit einem Oberflächencoating behandelt wurden, *Idriella bolleyi* noch nach drei Lagertagen nachweisbar war, während *Fusarium* spp.,

Verticillium spp. und *Penicillium* spp., die in der erntefrischen Kontrolle vorhanden waren, nicht mehr nachgewiesen werden konnten. Die Möglichkeit besteht, dass *Idriella bolleyi* als Antagonist die vorgenannten Pilzarten verdrängt hat, oder aber über besondere Anpassungsmechanismen gegenüber veränderten Sauerstoff- und Kohlendioxidkonzentrationen in den Folienverkaufsverpackungen verfügt. Über das Mykotoxinbildungsvermögen von *Idriella bolleyi* ist nichts bekannt.

Aspergillus spp. und *Penicillium* spp.

Weiterhin wurden zwei Pilzarten in den untersuchten erntefrischen Spargelgeweben nachgewiesen, die zu den potentiellen Mykotoxinbildnern gehören (Weidenböcker, 1999): *Aspergillus* spp. (Ende der Erntesaison 2003) und *Penicillium* spp. (Beginn und Ende der Erntesaison 2002 und Ende der Erntesaison 2003). Ein Nachweis der von diesen beiden Pilzarten unter Umständen gebildeten Mykotoxine wurde hier nicht geführt und es kann nicht generell davon ausgegangen werden, dass die Spargelstangen diese Mykotoxine enthalten, denn auch als Mykotoxinbildner bekannte Pilze bilden nicht in jedem Falle Toxine (WEIDENBÖCKER, 1999). Spezifische Standortfaktoren, wie Bodenbeschaffenheit, Klima, Sorte und Stress haben Einfluss auf den Pilz und seinen Stoffwechsel. Hier sollten weiterführende Forschungen ansetzen.

Es konnte eine Verringerung des Wachstums dieser Pilze in der Folienverkaufsverpackung BAW 3 beobachtet werden. Möglicherweise hemmt die sauerstoffarme Gaszusammensetzung in der Verpackung das Pilzwachstum.

Fusarium spp.

Im Jahre 2003 wurde als häufigste Pilzart bei nicht gelagertem und gelagertem Spargel mit einem Anteil von 119,2 % (n = 360) *Fusarium* spp. gefunden. Der Anteil von über einhundert Prozent ergibt sich aus der Tatsache, dass in einer Probe unter Umständen zwei oder mehrere Pilzarten der Gattung *Fusarium* nachgewiesen werden konnten, z.B. *F. oxysporum* und *F. proliferatum*. An Spargel (*Asparagus officinalis* L.) ist weltweit *F. oxysporum* der bedeutendste pilzliche Krankheitserreger (BOONEN, 2001). *F. oxysporum* ist potentieller Produzent des Mykotoxins Fumonisin C (SEIFERT, 2004). In der vorliegenden Arbeit wurde nicht auf Fumonisin C untersucht, jedoch wiesen die Spargelstangen, die mit *F. oxysporum* infiziert waren, Fumonisin B₁ auf. Hierfür gibt es bisher keine Erklärung. In weiterführenden Forschungsarbeiten sollte geklärt werden, ob *F. oxysporum* unter besonderen Umständen in der Lage ist, Fumonisin B₁ zu bilden oder ob die

Anreicherung auf früheren Befall mit *F. proliferatum* zurückzuführen ist. *F. oxysporum* ist zudem in der intensiven Spargelproduktion am massivem Ausfall von Jungpflanzen in Neuanpflanzungen und frühzeitigem Abbau der Gesamtanlage beteiligt (HENNIG, 2004). Der Befall der Spargelertragsanlagen mit *F.oxysporum* hat in den letzten 30 Jahren stark zugenommen. Mangelnde Bodenbearbeitung nach der Ernte bei der Vorfrucht Mais, haben den Befall mit *F. oxysporum* erheblich gefördert (WOLFF, 2001).

Überraschend war das Ergebnis der Fumonisin B₁ – Untersuchung: in neun von zehn untersuchten Proben wurde Fumonisin B₁ nachgewiesen, obwohl nur in drei Proben der entsprechende Fumonisinbildner *F. proliferatum* festgestellt wurde und von den restlichen Proben vier mit *F.oxysporum* und zwei mit *Penicillium* spp. kontaminiert waren (Tab. 88). Eine mögliche Erklärung wäre, dass in früheren Jahren (die beprobten Spargelpflanzen standen 2003 zehn Jahre auf dem Feld) durch *F. proliferatum* das Mykotoxin in den Wurzel- und Kronenbereich abgegeben wurde und von dort in die neuen Sprossen gelangte. Über die Quantität kann keine Aussage getroffen werden, da bislang die Halbwertszeit für Fumonisin B₁ nicht bekannt ist. Unklar ist auch, warum in der Probe 5a (Tab. 88) weder eine Pilzart noch Fumonisin B₁ gefunden wurde, während in 5b, die die andere, gelagerten Hälfte derselben Spargelstange darstellt, *Penicillium* spp. nachgewiesen und Fumonisin B₁ in der Menge von 1,67 mg * kg TS⁻¹ gefunden wurde. Die in dieser Untersuchung gefundenen Werte von Fumonisin B₁ lagen im Bereich von 0,73 – 1,67 mg * kg TS⁻¹. SEEFELDER et al. (2002) ermittelten in Spargelstangen (Herkunftsland Deutschland) bei Probennahme nach der Ernteperiode in neun von zehn untersuchten mit *F. proliferatum* infizierten Spargelstangen mittels Liquid Chromatography-Elektrospray Ionisation-Mass Spectrometry (LC-ESI-MC) Konzentrationen von Fumonisin B₁ von 0,036 - 4,514 mg * kg TS⁻¹. Da es in Deutschland keinen Höchstwert für Fumonisine in Gemüse gibt, wurden in dieser Arbeit die von der Europäischen Kommission (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 1999) festgesetzten Höchstwerte für Mais als Vergleichswerte herangezogen. Für Mais und Maiserzeugnisse (außer Cornflakes) wurde eine Änderung der Mykotoxinhöchstmengenverordnung am 9.9.2004 verabschiedet: Hiernach wurden die Höchstmengen für die Summe der Fumonisine B₁ und B₂ auf 0,5 mg * kg⁻¹ Frischprodukt festgesetzt. Die europäische Kommission für Gesundheit und Konsumentenschutz hatte für Fumonisin B₁ im Jahre 2003 eine tolerable Einnahmemenge von 0,002 mg * kg⁻¹ Körpergewicht * d⁻¹ als Empfehlung angegeben. Demgegenüber gibt NOWAK (2004) nur 0,001 mg * kg⁻¹ Körpergewicht an. Ein Mensch mit 75 kg Körpergewicht könnte demnach

täglich 0,15 - 0,075 mg Fumonisin B₁ ohne gesundheitliches Risiko aufnehmen. Bezogen auf den durchschnittlichen Gehalt an Fumonisin B₁ von 1,014 mg * kg TS⁻¹ in den hier untersuchten Spargelstangen, das entspricht 1,014 mg Fumonisin B₁ in 9,3 kg Spargelfrischmasse oder 0,1 mg in 1 kg Spargel, läge die aufgenommene Menge bei einem Verzehr von 0,5 kg Spargelfrischmasse pro Tag bei 0,05 mg Fumonisin B₁, und somit unter der für Mais festgesetzten Höchstmenge.

Alle in dieser Versuchsreihe des Jahres 2002 verwendeten Folienverkaufsverpackungen und die Coating-Behandlung übten bei 10°C Lagertemperatur nach drei Lagertagen hemmenden Einfluss auf das endophytische Pilzwachstum in geschälten Spargelstangen aus (Abb. 25), in Folie PP war die Hemmung des Pilzwachstums auch bei 20°C zu beobachten.

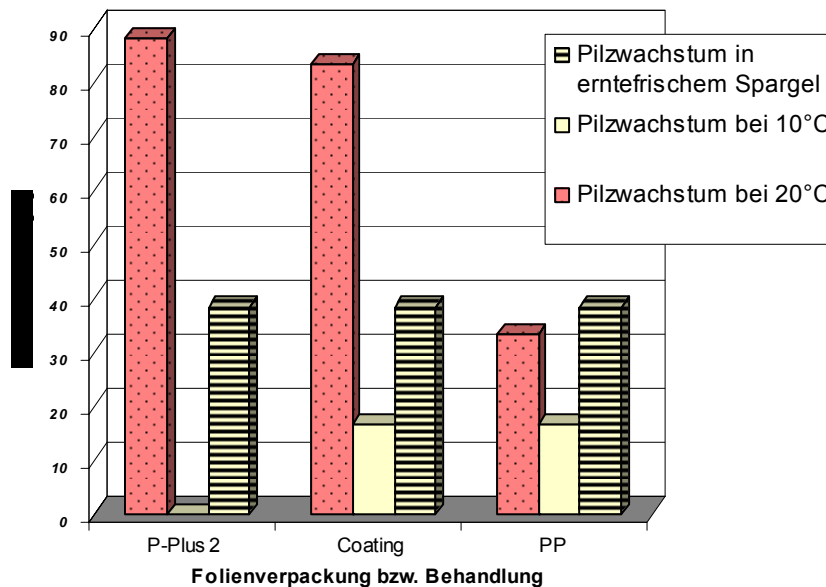


Abb. 25: Endophytisches Pilzwachstum in Spargel (geschält) in Verpackungsfolien bzw. mit Oberflächencoating in Abhängigkeit von der Lagertemperatur (10°C, 20°C, 3 Tage Lagerung))

Das gibt zu der Empfehlung Anlass, Spargel in den hier untersuchten Folienverpackungen nicht bei 20°C zu lagern. Der Einfluss der Folien PP und BAW 3 auf das unterschiedliche Aufkommen der nachgewiesenen Pilzarten am Saisonanfang 2002 und Saisonende 2003 kann auf das unterschiedliche Anfangsinokulum der Pilzarten zurückzuführen sein, oder es könnten die in den Verpackungseinheiten sich durch Stoffwechselprozesse einstellende, veränderte Gaskonzentration (MAP = modified atmosphere packaging) das Wachstum beeinträchtigt haben.

Bei 10°C hat sich die Folie P-Plus 2 für die Kurzzeitlagerung geschälten Spargels bezüglich der Hemmung des Pilzwachstums als vorteilhaft erwiesen. Wahrscheinlich hat neben der Lagertemperatur auch die Veränderung der Gaskonzentration zu diesem Ergebnis geführt. In früheren Untersuchungen wurde schon darauf hingewiesen, dass in den Folienverpackungen, je nach Produkt und dessen spezifischen Eigenschaften, eine Veränderung der Gaskonzentrationen einsetzt, die auf stoffwechselbedingtem Verbrauch von O₂ und der Anreicherung von CO₂ beruht (KADER, 1999; ZAGORY, 1999). Hierbei wurden bei geschältem Spargel hohe Atmungsraten, die auf den Schälvorgang und den damit verbundenen Stress für das Produkt zurückgeführt wurden, festgestellt (CANTWELL, 1999). Um bei geschält gelagerten Spargelstangen den Einfluss der Folienverpackungen auf stoffwechselrelevante Veränderungen der Gaskonzentration zu prüfen, wurden diese für drei Tage bei 20°C in Folie BAW 3 gelagert. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigten signifikante Sauerstoff- und Kohlendioxidveränderungen in den unterschiedlichen Folienverkaufsverpackungen. Nicht nur das verminderte Sauerstoffangebot könnte das Pilzwachstum gehemmt haben, sondern auch die Toxizität von CO₂ auf die nachgewiesenen Pilzarten ist möglich und müsste in entsprechenden weiterführenden Untersuchungen festgestellt werden.

Letztlich war im Hinblick auf Convenience-Spargel die Beantwortung der Frage interessant, ob geschälter Spargel während der Lagerung einen besseren Nährboden für die Pilzbesiedlung abgeben würde als nicht geschälter. Vergleicht man nun das endophytische Pilzwachstum nach drei Lagertagen bei 10°C in den Gewebeproben der geschält foliert und mit Coating behandelten Spargelstangen mit dem der nicht geschälten Stangen, so zeigten sie signifikant geringeres Pilzwachstum (Abb. 26).

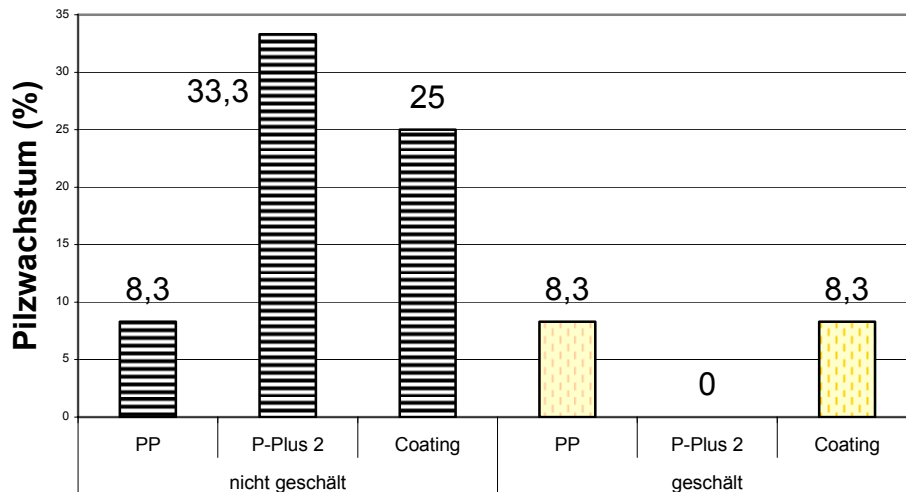


Abb. 26: Pilzwachstum von nicht geschälten und geschälten Spargelstangen in unterschiedlichen Folienverpackungen und Coating-Behandlung (Lagerung drei Tage bei 10°C)

Das lässt den Schluss zu, dass möglicherweise mit dem Schälen große Teile des mit Pilzwachstum durchzogenen Gewebes entfernt wurden und/oder die nachgewiesenen Pilzarten bevorzugt in den obersten Zellschichten wachsen.

Es wurde auch der Frage nachgegangen, ob die meristematische Zone der Spargelstange den Pilzarten günstigere Bedingungen bei der Besiedlung bietet. Hier konnten zwischen der Besiedlung des Segmentes S1 und S2 keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

F Zusammenfassung

- In der vorliegenden Studie wurden ein Oberflächencoating und sechs handelsübliche Polypropylen- und biologisch abbaubare Verpackungsfolien mit unterschiedlichen Produkteigenschaften bei verschiedener Kurzzeit-Lagerdauer (2, 3, 4 Tage) und Lagertemperatur (2°C, 10°C, 20°C) auf Eignung zur Qualitätserhaltung von Convenience-Spargel untersucht. Zur Beurteilung wurden die Veränderungen der Farbe und der Qualitätsparameter Trockensubstanz, Textur, wasserlösliches Pectin, EDTA-lösliches Pectin, unlösliches Pectin, Saccharose, Fructose, Glucose, Cellulose, Hemicellulose und Lignin gegenüber einer Kontrollvariante herangezogen. Zusätzlich wurden, unter dem Aspekt der Hygiene, die Folien auf Förderung oder Hemmung des Pilzwachstums und der damit eventuell verbundenen Belastung der Spargelstangen mit Mykotoxinen geprüft.
- Die Farbveränderungen bei 10°C und 20°C Lagertemperatur gegenüber der Kontrollvariante waren nicht signifikant. Signifikante Farbveränderungen wurden bei 2°C beobachtet, die jedoch nicht mit den untersuchten Qualitätsparametern korrelierten.
- Die Lagertemperatur von 10°C erwies sich als geeigneter zur Qualitätserhaltung von Convenience-Spargel und nicht geschältem Spargel, als 2°C und 20°C.
- Die Lagerdauer von zwei Tagen sollte nicht überschritten werden, da nach drei und vier Lagertagen die untersuchten Qualitätsparameter signifikanten Veränderungen ausgesetzt waren.
- Die Folie P-Plus 2 ist für die Verpackung und Kurzzeitlagerung von Convenience-Spargel und nicht geschältem Spargel der unverpackten Lagerung, der Coating-Behandlung, den biologisch abbaubaren Werkstoffen, der Folie OPPC, PP und der Folie P-Plus 3 vorzuziehen.
- Bei 2°C und 20°C fanden in der Spargelspitze im Vergleich zur restlichen Sprosse signifikante Veränderungen statt. Die meristematische Zone der Spargelstange ist bei der Lagerung stoffwechselaktiver, als die restliche Spargelstange. Ob, wie zu vermuten, die stoffwechselphysiologischen Prozesse

von der meristematischen Zone der Spargelsprosse ausgehen, sollte in weiterführenden Untersuchungen geklärt werden.

- Bei 10°C Lagertemperatur war die schwache, aber häufige Korrelation der Parameter wasserlösliches Pectin (OPPC und BAW 1), unlösliches Pectin (P-Plus 2, BAW 3 und P-Plus 3) und Hemicellulose (BAW 1 und Coating) zur Textur von geschältem Spargel auffällig. Auch Fructose (P-Plus 3), Glucose und Saccharose (P-Plus 2) waren zur Textur schwach korreliert.
- Die entscheidenden Veränderungen der Qualitätsparameter gingen von den zum Verpacken verwendeten Folien und ihrer Permeabilität für Sauerstoff und Kohlendioxid aus. Es zeigte sich, dass das Verhältnis von Sauerstoff zu Kohlendioxid, ausgedrückt als Respirations-Quotient, in der Verpackungseinheit signifikanten Einfluss auf die Veränderungen der Qualitätsparameter von geschältem Spargel ausübte. Die geringsten Veränderungen wurden bei einem Respirations-Quotienten von 0,65 festgestellt (Folie P-Plus 2).
- Die relativ geringe Sauerstoffkonzentration und die hohe Kohlendioxidkonzentration in den hier untersuchten Folienverpackungseinheiten haben sich für das endophytische Pilzwachstum als hemmend erwiesen. Sie lagen im Bereich von 0,2 - 8,5 kPa für Sauerstoff und 53,3 - 13 kPa für Kohlendioxid.
- Geschälte Spargelstangen wiesen geringere Besiedlung mit endophytischen Pilzarten auf, als nicht geschälte Spargelstangen.
- Das Mykotoxin Fumonisin B₁ wurde in gesundheitlich unbedenklichen Mengen ($< 1,67 \text{ mg} \cdot \text{kg TS}^{-1}$) in nicht gelagerten und in gelagerten Spargelstangen nachgewiesen.

G Literaturverzeichnis

- Allan, R.H., Thorpe, C.J., Deacon, J.W. 1992. Differential tropism to living and dead cereal root hairs by the biocontrol fungus *Idriella bolleyi*. *Physiological and Molecular plant Pathology* 4: 217-257
- Allofs, F. 2003. Die Spargelsaison 2002. Straelener Spargeltag 2003. Gemüse Spezial. Deutscher Landwirtschaftsverlag. 3: 36-38 ISSN 0016 – 6286
- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften 1999. Fassung v.10.11.99. L 287/6
- AOAC: 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Association of Official Analytical Chemists, 14th Edit., 7074-7077, 162-163
- Baemer, K. 1992. Allgemeiner Pflanzenbau. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart
- Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. 2002. Jahresbericht 2001
- Behr, H.-C., Weber, D., Wonneberger, Ch., Teidke-Crede, A., Meyer, B., Kluge, S., Uwihs, F. 2001. Ratschläge für den Spargelanbau in Niedersachsen. Asparagus Handels- und Vertriebs GmbH Warendorf
- Behr, H.-C. 2002. Kräftiger Anstieg der Ertragsflächen in Deutschland. Behr'scher Verlag Hamburg
- Belitz, H.-D., Grosch, W. 1992. Kohlenhydrate. Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer- Verlag. Berlin. 226-303
- Ben-Yehoshua, S. 1987. Transpiration, Water Stress, and Gas Exchange. In: Weichmann, J. 1987. Postharvest Physiology of Vegetables. Marcel Dekker. New York. ISBN 0-8247-7601-1
- Berg, I. 1997. Kochalltag in Deutschland. Ernährungsumschau. 44:37-39
- Billau, W. 1986. Untersuchungen über Lokalisation und Ausmaß der Lignifizierung in Pflanzen von *Asparagus officinalis* L. Dissertation Universität Hohenheim
- Blumenkrantz, N., Asboe-Hansen, G. 1973. New method for quantitative determination of uronic acids. *Analytical Biochemistry*. 54: 484-489
- Boehringer Mannheim GmbH 1995. Methoden der enzymatischen Bio-Analytik und Lebensmittelanalytik. Boehringer GmbH Mannheim

- Böttcher, H. 1996. Handbuch der Lebensmitteltechnologie. Frischhaltung und Lagerung von Gemüse. Ulmer Verlag Stuttgart
- Boonen, P. 2001. Spargel, von der Heilpflanze zur Delikatesse. The Netherlands. ISBN 90-805609-3-6
- Bradatsch, M. 2000. Beschreibung und Anwendung von Einschlagfolien. Produktinformation Eigenverlag, Iserlohen-Lemathe
- Braune, F. 1979. Pflanzenanatomisches Praktikum. Gustav Fischer Verlag. München
- Brückner, B. 2004. Qualitätserhaltung von Spargel in befeuchteter Packung. Herausforderung und Chance für den europäischen Gartenbau. Bundesverband der Diplom-Ingenieure Gartenbau und Landespflege e. V. Bonn. BDGL – Schriftenreihe. 22: 31
- Brockes, A. 1980. Was ist Farbe – kann man sie messen? Physik in unserer Zeit. 11: 169-178
- Buchanan, B., Gruissem, W., Jones, L. 2000. Biochemistry and molecular biology of plants. Verlag Courier Companies USA. ISBN 0-943088-37-2
- Büttner, C., Dehne, H.-W. 2004. Ährenfusariosen im Getreide – Auftreten, Vermeidung, Herausforderungen. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. 396: 186. ISBN 3-930037-12-2
- Bundesministerium für Gesundheit 2004. Mykotoxinhöchstmengenverordnung-MHmV v. 2.7.99 geändert 9.9.2004
- Burth, U., Freier, B., Zornbach, W. 2004. Die Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz – was hat sich verändert? Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. 396: 168. ISBN 3-930037-12-2
- Cantwell, M. 1999. Fresh-Cut Fruits and Vegetables. Aspects of Physiology, Preparation and Handling that effect Quality. Fresh-Cut Workshop 14.-17.09.1999. University of California, Davis, USA
- Carpita, M., McCann, M. 2000. The Cell Wall. Biochemistry and molecular biology of plants. Verlag Courier Companies, USA. ISBN 0-943088-37-2
- Carle, R. 1999. Die industrielle Lebensmittelproduktion - hohe Qualität und schlechtes Image. Verbraucherdienst. Auswertungs- und Informationsdienst für Er-

- nährung, Landwirtschaft und Forsten (aid) e.V. Bonn. 44: 310-316 ISBN 0720-7522
- Chang, D. 1987. Asparagus. In: Weichmann, J. 1987. Postharvest Physiology of Vegetables. Marcel Dekker. New York. ISBN 0-8247-7601-1
- Chelkowski, J., Lew, H. 1992. Microbiology Aliments Nutrition. 10: 49-53
- Claussen, M. 2004. Extreme Witterung in Norddeutschland. Potsdam. Institut für Klimafolgenforschung. <http://www.wetter.net.de> Download 15.09.2004
- Cook, R. 1999. Consumer Trends for the New Millennium Impact Fresh-Cut Produce. International Fresh-Cut Produce Association (IFPA) Fresh Cut Workshop 14.-17.09.1999, University of California Davis USA
- Cubasch, U. 2004. Das Wetter in Norddeutschland. Max-Planck-Institut für Meteorologie. Hamburg. <http://www.wetter.net.de> Download 15.10.04
- CMA / ZMP-Marktstudie 2003. Obst- und Gemüseverzehr in Deutschland. Bonn und Hamburg. ISSN 1434-7644
- Dufault, R. J. 1996. Relationship between Soil Temperatures and Spring Asparagus sSpear Emergence in Coastal South Carolina. Acta Horticulturae. 415: 157-161
- Deutscher Wetterdienst. 2004. <http://www.wetter.net.de> Download 15.10.04
- Domsch, K.-H., Gams, W. 1970. Pilze aus Agrarböden. Fischer Verlag Stuttgart
- Domsch, K.-H. Gams, W., Anderson, T. 1980. Compendium of Soil Fungi. Academic Press London. L.T.D. ISBN 0-12-220401-8
- Drusch, S. 2002. Qualitätssicherung in der Getreideverarbeitung. Workshop der Arbeitsgruppe Lebensmittelqualität und –sicherheit. Christian-Albrechts-Universität Kiel. Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel. 94. ISSN 0721-0809
- Dubbert, M., Tschardtke, T. 1997. Schützen endophytische Pilze ihre Wirtsgräser vor Herbivorie? Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für allgemeine und angewandte Entomologie Bayreuth. 11: 525-528
- Englert, K., Wodarz, H.-P., Mayer, F., Hastreiter, G. 1985. Spargel. Geschichte-Anbau-Rezepte. W. Ludwig Verlag Pfaffenhofen. ISBN 3-7787-2067-8

- FAO / WHO Codex Alimentarius Commission. 1996. General Principles of Food Hygiene, Annex: Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) System and Guidelines for its Application. Report of the Twenty-ninth Session of the Codex Committee on Food Hygiene, Washington D.C. 21.-25.10.1996, ALINORM 97/13A, Appendix II
- Fischer, E. 1999. Magnesiummangel an höheren Pflanzen. Aufnahme und Verlagerung von Nährstoffen, Gaswechsel und Assimilatbildung an Buschbohne und Spinat. Verlag Hänsel-Hohenhausen, München ISBN 3-8267-2592-1
- Franke, W. 1997. Nutzpflanzenkunde. Thieme, Stuttgart. Germany. ISBN 3-13-530409-X
- Gareis, M. 2001. Mykotoxine - Grundlagen. Behr's Seminare. Vortrag im Rahmen des Seminars "Mykotoxine in Lebensmitteln". 27.11.2001 Darmstadt
- Garrett, E. 1999. Overview of the Fresh-Cut Industry. Fresh-Cut Workshop. University of California, 14.-17.9.1999 Davis, USA
- Gerlach, W., Nirenberg, H. 1982. The genus fusarium – a pictorial atlas. Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. Mitteilungen der Biologischen Land- und Forstwirtschaft. 209. ISBN 3-489-20900
- Goering, H.K., Van Soest, P.J., 1972. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures, and some Applications). Agriculture Handbooks 379, U.S. Department of Agriculture, U.S. Government 0489-663 Washington
- Gorny, J. 1998. Fresh-Cut Product Preparation. Meeting International Fresh-Cut Produce Association (IFPA). University of California Davis, USA
- Goßmann, M., Beran, F., Hirschfeld, T., Plenk, A., Öhlinger, R., Büttner, C. 2004. Endophytische Pilzbesiedlung von Spargelstangen zur Hauptstechperiode und Untersuchungen zum Mykotoxinbefund. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. 396:76. ISBN 3-930037-12-2
- Guske, S. 2002. Grundlegende Untersuchungen zur biologischen Bekämpfung der Ackerkratzdistel (*Cirsium arvense* (C.) Scop.) und des Cyperngrases (*Cyperus rotundus* L.) Dissertation. Gemeinsame Naturwissenschaftliche Fakultät der Technischen Universität Carolo - Wilhelma zu Braunschweig
- Hartmann, H.-D. 1989. Spargel – Grundlagen für den Anbau. Ulmer Verlag Stuttgart. Deutschland. ISBN 3-8001-5277-0

- Hawksworth, D.L., Kirk, P., Sutton, B., Pegler, D. 1995. Dictionary of the Fungi. Ainsworth and Bisby's. Verlag CAB International, UK. ISBN 0851-98885-7
- Helmholz, F., Knack, A., Vieth, G. 1999. Brandenburger Spargel. Geschichte und Geschichten: Vom Anbau bis zum Genießen. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg. Deutschland. ISBN 3-933352-20-7
- Heitefuss, R., Klingauf, F. 2004. Gesunde Pflanzen - gesunde Nahrung. Pflanzenschutz ist Verbraucherschutz. Ulmer Verlag Stuttgart. ISBN 3-8001-8918-6
- Hennig, F., Goßmann, M. 2004. *Fusarium* an Spargel – Vorkommen, Variabilität und Virulenzeigenschaften. Lebensmittelqualität und Lebensmittelsicherheit – Herausforderung und Chance für den europäischen Gartenbau. Bundesverband der Diplom-Ingenieure Gartenbau und Landespflege e. V. Bonn. BDGL – Schriftenreihe. 22: 77
- Herppich, W. B., Huyskens-Keil, S., Kadau, R., Yusuf, S. 2004. Effects of short-term low-temperature storage on mechanical and chemical properties of white Asparagus cell walls. Lebensmittelqualität und Lebensmittelsicherheit – Herausforderung und Chance für den europäischen Gartenbau. Bundesverband der Diplom-Ingenieure Gartenbau und Landespflege e. V. Bonn. BDGL – Schriftenreihe. 22: 29
- Herppich, W. B., Huyskens-Keil, S., Kadau, R. 2005. Effects of short-term low-temperature storage on mechanical and chemical properties of white Asparagus cell walls. J. Appl. Botany and Quality (im Druck)
- Heß, D. 1999. Pflanzenphysiologie. Molekulare und biochemische Grundlagen von Stoffwechsel und Entwicklung der Pflanzen. Eugen Ulmer Stuttgart. Deutschland. ISBN 3-8001-2729-6
- Hoberg, E. 1998. Sensorische Analyse bei Spargel – Grundlagen für die Züchtung. Gemüse 8: 474. ISSN 0016 – 6286
- Hoffmann, G., Nienhaus, F., Poehling, H.-M., Schönbeck, F., Weltzien, H., Wilbert, H. 1994. Lehrbuch der Phytomedizin. Blackwell Berlin Deutschland. ISBN 3-8263-30008-0

- Humpf, H.U., Voss, K. 2004. Effects of thermal food processing on the chemical structure and toxicity of fumonisin mycotoxins. Mol. Nutr. Food Res. 48. Wiley-Vich Verlag, Weinheim
- Huyskens, S. 1991. Morphological, physiological and biochemical aspects in the cultivation of two cucurbits: *Luffa acutangula* L. Roxb. and *Momordica charantia* L. Dissertation. Rheinische Friedrich – Wilhelms - Universität Bonn
- Huyskens-Keil, S., Schreiner, M., Widell, S. 1998. Qualitätssicherung bei Radies. Taspo Gartenbaumagazin; 39-41
- Huyskens-Keil, S., Kadau, R. 2001. Convenience: Folieverpackungen für geschälten Spargel im Test. Gemüse Spezial. 6: 25-26 ISSN 0016 – 6286
- Huyskens-Keil, S., Schreiner, M. 2003. Die Entwicklung des Qualitätsbegriffs bei Obst und Gemüse. Ernährungs- Umschau. 50: 257-261
- Huyskens-Keil, S., Kadau, R., Goßmann, M., Büttner, C. 2004. Qualitätssicherung von Convenience-Spargel. Herausforderung und Chance für den europäischen Gartenbau. Bundesverband der Diplom-Ingenieure Gartenbau und Landespflege e. V. Bonn. BDGL – Schriftenreihe 22: 30
- Huyskens-Keil, S., Schreiner, M., Büttner, C., Bandte, M. 2004. Qualität von pflanzlichen Nahrungsmitteln und deren Beeinträchtigung durch Krankheiten und Schädlinge. Schriftenreihe der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft. 7: 11-27. ISSN 0939-8929
- Jacob, F., Jäger, E., Ohmann, E. 1994. Lehrbuch der Botanik. Gustav Fischer Verlag, Jena. Deutschland. ISBN 3-8252-1431-1
- Jacobey, H., Habegger, R., Fritz, D. 1988. Gemüse als Arzneipflanze. Sekundäre Pflanzenstoffe in Gemüse mit Bedeutung für die menschliche Gesundheit. Ernährungsumschau. 35: 320-322
- Jansen, C., von Rüden, S., Fensch, R., Kogel, K.-H. 2004. Isolierung und Charakterisierung fusariumresponsiver Gene der Gerste zur Identifizierung von Determinanten der Abwehr in Getreide. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. 396: 283. ISBN 3-930037-12-2
- Junker, G. 2003. Spargel ist wichtiger Umsatzträger. Hohe Maßstäbe bei Sortierung, Aufbereitung und Verpackung. Gemüse Spezial. 3: 37

- Justus, M. 2000. Untersuchungen zur Physiologie und Biochemie von Lolinalkaloiden in der *Festuca pratensis* - *Neoptophodium uncatum* - Assoziation. Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. Dissertation
- Kadau, R. 2001. Einfluss neuer Verpackungsmaterialien auf Qualität und Frischhaltung von Convenience-Produkten am Beispiel von Spargel (*Asparagus officinalis* L.) Diplomarbeit im Studiengang Gartenbauwissenschaften. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Kader, A. 1987. Respiration and Gas Exchange of Vegetables. In: Weichmann, J. 1987. Postharvest Physiology of Vegetables. Marcel Dekker. New York. ISBN 0-8247-7601-1
- Kader, A. 1999. Maintaining Fresh-Cut Vegetables. Fresh-Cut Workshop 14.-17.9. 1999. University of California, Davis, USA
- Kader, A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops . 3rd Edition. University of California. Agriculture and Natural Resources. Publication 3311
- Kawano, K., Sato, H., Sakamura, S. 1977. Solutions and structure of furostanol saponin in asparagus edible shoots. Agrar Biology and Chemistry. 41: 1-8
- Kays, S. J. 1991. Postharvest Physiology of Perishable Plant Products. Van Nostrand Reinhold. New York
- Kirk, P.M., Cannon, P.-F., David, J.C. 2001. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi, 9th Edition. ISBN 085199377X. Great Britain
- Kirk, J.J., Deacon, J.W. 1987. Controll of the take-all fungus by *Microdochium bolleyi*, and interactions involving *M. bolleyi*, *Phialophora graminicola* and *Periconia macrospinos*a on cereal roots. Plant and Soil. 98: 231-237
- Köhler, W., Schachtel, G., Voleske, P. 1996. Biostatistik. 2. Auflage. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York
- Kolb, H. 1996. Leitlinie für eine gute Lebensmittelhygiene - Praxis und zur Durchführung betrieblicher Eigenkontrollen in landwirtschaftlichen Betrieben mit Direktvermarktung. Bundesinstitut für Verbraucherschutz und Veterinärmedizin. Deutschland. ISBN 3-89661-208-5
- Koolmann, J. 2002. Taschenatlas der Biochemie. 3. Auflage. Thieme Verlag. Stuttgart

- Kroschewski, B. 2002. Datenanalyse mit Statistiksoftware SPSS V dt.10. Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Fachgebiet Biometrie und Versuchswesen. Humboldt-Universität zu Berlin. Vorlesungsskript
- Kühn, J., Rippel, R., Zinkernagel, V., Schmidhalter, U. 2004. Bodenbedingte Ursachen für das Auftreten der *Rhizoctonia* - Rübenfäule: Einfluss bodenphysikalischer und bodenchemischer Faktoren. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Berlin. 396: 69. ISSN 0067-5849
- Laskaris, D., Deakon, J.W. 1994. In vitro growth and microcycle conidation of *Idriella bolleyi* a biocontrol agent of cereal pathogens. Mycol. Res. 98: 1200-1206
- Le Bars, J., Le Bars, P., Dupui, J., Boudra, H., Cassin, R. 1994. Biotic and Abiotic Factors in Fumonisin B₁ Production and Stability. Journal of AOAC International. 77 (2): 517-521
- Lehar, H. 2003. Die Spargelsaison 2002. Straelener Spargeltag 2003. Gemüse Spezial. Deutscher Landwirtschaftsverlag. 3: 25-26. ISSN 0016 – 6286
- Lew, H., Adler, A., Edinger, W. 1991. Practical implications of changing views on the population structure and biology in *Fusarium oxysporum* and related species. Mycotoxin research. 7: 71-77
- Lindner, M.W. 1960. Rohfaserbestimmungsmethoden, Chemismus und vergleichende Bewertung. Chemische Zeitung. 93: 919-929
- Longrieco, A. 1998. Occurence of Fumonisin B₁ und B₂ in *Fusarium proliferatum* infected asparagus plants. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 46 (12): 5201-5204
- Marasas, W. 1996. Fumonisin in Food, Fumonisin: History, world wide occurrence and impact, fumonisins in food, advances. Experimental medicine and biology. 392: 2-4. Plenum publishing corporation. New York
- McComb, E.A., McCready, R.M. 1952. Extraction and Determination of Total Pectic Materials in Fruits. Analytical Chemistry 24: 1986-1988
- Mc Guire, R. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. HortScience. 27 (12): 1254-1255
- Meister, U., Symmank, H., Dahlke, H. 1996. Untersuchung und Bewertung der Fumonisin kontamination von einheimischem und importiertem Getreide. Lebensmittel - Untersuchungen und Forschungen. 203: 528-533

- Meyer, B. 2003. Spargellagerung unter CA - Atmosphäre. Gemüse Spezial. 3: 47-49.
ISSN 0016 – 6286
- Mika, V., Paul, Ch., Zimmer, E., Kaufmann, W. 1981. Ein Vergleich verschiedener Labormethoden zur Schätzung der Verdaulichkeit von Grundfutter. Tierphysiologie, Tierernährung und Futtermittelkunde. 45: 132-141
- Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg: 2002. Waldzustandsbericht der Länder Brandenburg und Berlin. Potsdam
- Mitchel, F. 1999. Commercial Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers. Scientia Horticulturae 10. Publication 21567. University of California, Davis, USA
- Mitcham, B., Kader, A.. 1998. Methods for Determining Quality of Fresh Horticulture Commodities. Meeting International Fres-Cut Produce Association (IFPA). University of California, Davis, USA
- Müller, G. 1983. Mikrobiologie pflanzlicher Lebensmittel. VEB Fachbuchverlag Leipzig. Lizenznummer 114-210-35-83
- Ng, A., Waldron, K.. 1997. Effect of Cooking and Pre-Cooling on Cell-Wall Chemistry in Relation to Firmness of Carrot Tissues. Journal of Science Food Agriculture. 73: 503-512
- Nirenberg, H. 1976. Untersuchung über die morphologische Differenzierung in der Fusarium Sektion Liseola. Mitteilung der Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem. 169 : 18
- Nowak, T. 2004. Fumonisine: Grenzwerte, Richtwerte, Einstufungen. Enius A.G. Nürnberg. <http://www.enius.de> Download 20.11.04.
- Oberbeil, K., Lentz, Ch. 1996. Obst und Gemüse als Medizin. Südwest Verlag GmbH & Co KG. München. ISBN 3-517-01841-4
- O'Donoghue, E, Somerfield, S., Sinclair, B., Coupe, S. 2001. Xyloglucan endotransglycosylase: a role after growth cessation in harvested asparagus. Australian Journal of Plant Physiology. 28: 349-361
- Paschold, P., Artelt, B., Herrmann, G. 2002. Influence of Harvest Duration on Yield and Quality of Asparagus. Proc. Xth IS on Asparagus. Acta Horticulturae 589 : 65-67. Belgien

- Person, U., Polesny, F., Blümel, S. 1996. Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge im Obstbau. Institut für Phytomedizin im Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Wien. Verlag Jugend und Volk GmbH. ISBN 3-224-10662-8
- Redlin, S. und Carris, L. 1996. Endophytic Fungi in Grasses and Woody Plants. The American Phytopathological Society Press. USA. ISBN 0-89054-213-9
- Regenbrecht, T. 1997. CO₂ - Austausch, Chlorophyllfluoreszenz, Stickstoffhaushalt während der Entwicklung von *Pachyrhizius erosus*. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt Sekundarstufe II / I. Universität Münster. <http://www.trcoding.de/examen1/node63.html>. Download 16.9.04
- Reinecke, P., Fokkema, N.J. 1981. An evaluation of methods of screening fungi from the halm base of cereals for antagonism to *Pseudocercospora herpotrichoides* in wheat. Transactions of the British Mycological Society. 77: 343-350
- Riethmüller, A. 2004. Morphologie, Ökologie und Phylogenie aquatischer Oomyceten. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart. ISBN 3-443-59087-x
- Rodemann, B., Bartels, G. 2004. Mykotoxinproblematik im Getreide. Bedeutung, Vorkommen und Vermeidung. Schriftenreihe der Deutschen Phytomedizinischen Gesellschaft. Ulmer Verlag. ISBN 3-8001-8918-6
- Rodov, V., Agar, T., Peretz, J., Nafussi, B., Kim, J., Ben-Yehoshua, S. 2000. Effect of combined application of heat treatments and plastic packaging on keeping quality of 'Oroblanco' fruit (*Citrus grandis* L. x *paradisi* Macf.). Postharvest Biology and Technology. 20 : 287-294
- Rosner, H. 2001. Gesetzliche Regelungen für Mykotoxine in Lebensmitteln. Seminar Behr's: Mykotoxine in Lebensmitteln. Behr's Verlag Hamburg
- Sala, N., Sanchis, V., Viladrich, V., Torres, M., Vinas, I., Canela, R. 1993. Proceedings of the on occurrence and significance of mycotoxins. UK workshop London, 289-292
- Scheer, Ch. 2002. Spargelqualität im Produktions- und Aufbereitungsprozess. Dissertation. Technische Universität Berlin
- Schmidt, St., Schonhof, I., Schreiner, M., Heißner, A. 2004. Ertrags- und Qualitätskenngrößen von Spargel (*Asparagus officinalis* L.) in Abhängigkeit von der

Bodentemperatur: Untersuchungen im Gewächshaus. BDGL – Schriftenreihe
22 : 28

Schockert, K. 1993. Grundzüge zur Auslegung von Kühllagern für den Gemüsebau.
Gemüsebaureport Plantec. 9 : 48

Scholz, U., Ruckenbauer, P. 2004. Anfälligkeit von ausgewählten Gerstenlinien gegen verschiedene Fusarienarten. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. 396 :160. ISBN 3-930037-12-2

Schwarzbach, A., Schreiner, M., Knorr, D. 2004 . Vergleichende Untersuchungen zum Saponingehalt von *Asparagus officinalis* L.– BDGL Schriftenreihe 22: 72. ISSN 1613-088X

Seefelder, W., Goßmann, M., Humpf, H.-U. 2002. Analysis of Fumonisin B₁ in *Fusarium proliferatum*-Infected Asparagus Spears and Garlic Bulbs from Germany by Liquid chromatography-Electrospray Ionization Mass Spectrometry. Journal of Agriculturae and Food Chemistry 50: 2778-2781

Seifert, K., Levesque, A. 2004. Phylogeny and molecular diagnosis of mycotoxigenic fungi. European Journal of Plant Pathology 110 : 449–471 Kluwer Academic Publishers. The Netherlands

Shewfelt, R. 1999. What is quality? Postharvest Biology and Technology. 15: 197-200

Sonoda, T., Tairako, K., Uragami, A. 2002. Comparative Evaluation of Resisance of *Asparagus officinalis* L. Cultivars and Breeding Lines to *Fusarium* Stem and Crown Rot. Acta Horticulturae 589 : 387-388

Souci, S., Fachmann,W., Kraut, H. 1989. Nährwerttabellen. Wissenschaftliche Verlagsbuchhaltung m.b.H. Stuttgart

Steiner, U. 1999. Ein Pflanzenstärkungsmittel auf Basis von *Bacillus subtilis* als Beizmittel für den Kartoffelanbau. Kartoffelbau 50 : 32-34

Strasburger, E., Noll, F., Schenk, H., Schimper, A.F.W., Ehrendorfer, F., Denffer v., D., Mägdefrau, K., Ziegler, H. 1987. Lehrbuch der Botanik. Gustav Fischer Verlag Stuttgart. ISBN 3-437-20140-9

Suslow, T. 1997. Postharvest Chlorination. Basic Properties and Key Points for Effective Desinfection. Publication 8003. University of California, Division of Agriculture and National Resources. USA

- Taiz, L. 1984. Plant Cell Expansion: Regulation of Cell Wall Mechanical Properties. *Plant Physiology*. 35: 585-657
- Tebel-Nagy, C. 1998. Praktisches Kursbuch: Gesunde Ernährung. Weltbild Verlag Augsburg. ISBN 3-89604-744-2
- Tischner, H. Eiblmeier, P. 2004. Einflussfaktoren auf den Befall und die Toxinbildung durch Ährenfusariosen an Triticale. *Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft*. 396 : 160. ISBN 3-930037-12-2
- Thompson, J. 1999. Commercial Cooling of Fruits, Vegetables and Flowers. *Scientia Horticulturae* 10. Publication 21567. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. USA
- Ulrichs, Ch. 2000. Dynamik des Kohlenhydratmetabolismus in der Nachernte am Beispiel von *Daucus carota* L. ssp. *sativus* (Hoffm.) Humboldt-Universität zu Berlin. Dissertation. Der Andere Verlag Osnabrück. ISBN 3-934366-41-4
- Untermann, F., Jacob, P. und Stephan, R. 1996. 35 Jahre HACCP-System. Vom Nasa - Konzept bis zu Definitionen des Codex Alimentarius. *Fleischwirtschaft* 76 : 589-594
- Uwihs, F. 2004. Die Spargelsaison. *Gemüse Spezial*. 2 : 39 - 41. ISSN 0016-6286
- Van den Berg, I. 1987. Water Vapor Pressure. In: Weichmann, J. Ed. *Postharvest Physiology of Vegetables*. Marcel Dekker. New York. ISBN 0-8247-7601-1
- Van Soest, P.J., 1963. Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. II. A Rapid Method for the Determination of Fiber and Lignin. *Journal of Analytical Chemistry*. 46 : 829-835
- Van Soest, P.J., 1973. Collaborative Study of Acid-Detergent Fiber and Lignin. *Journal of Analytical Chemistry*. 56 : 781-784
- Verreet, J., Aumann, J. 2002. Mykotoxinproblematik in der Pflanzenproduktion. Workshop der Arbeitsgruppe Lebensmittelqualität und -sicherheit. Christian-Albrechts-Universität Kiel. Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel. 94. ISSN: 0721-0809
- Vogel, G. 1996. Handbuch des speziellen Gemüsebaus. Ulmer Verlag Stuttgart

- Voss, K., Riley, R., Norred, W.P., Bacon, C.W. 2001. An overview of rodent toxicities: Liver and kidney effects of fumonisins and *Fusarium moniliforme*. Environment Health Perspective. 109 (Suppl.2) 259-266
- Waldron, K. W., Selvendran, R.R. 1990. Effect of maturation and storage on asparagus (*Asparagus officinalis* L.) cell wall composition. Physiologia. 80 : 576-583. Copenhagen
- Waldron, K. W., Selvendran, R.R. 1990. Composition of the cell walls of different asparagus (*Asparagus officinalis* L.) tissues. Physiologia Plantarum 80: 568-575
- Watzl, B., Leitzmann, C. 1999. Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln. Hippokrates Verlag Stuttgart. Deutschland. ISBN 3-7773-1301-7
- Weber, H. Chr., Imhof, S., Kendzior, B. 1994: *Voyria tenella* Hook. (Gentianaceae): Endglied einer bemerkenswerten Progressionsreihe mycotropher Lebensweisen. Botanikertagung Bayreuth 20.2.1994
- Weichmann, J. 1987. Postharvest Physiology of Vegetables. Marcel Dekker. New York
- Weichmann, J. 1997. Qualitätsveränderungen beim Spargel nach der Ernte. Gemüse. 6 : 468. ISSN 0016 – 6286.
- Weidenböcker, M. 1999. Lebensmittel-Mykologie. Behr Verlag Hamburg. Deutschland. ISBN 3-86022-457-3
- Wu, J., Crosgrave, D. 2000. Adaption of roots to low water potentials by changes in cell wall extensibility and cell wall proteins. Journal of Experimental Botany Spezial Issue 350 : 1543-1545.
- Wolff, J. 2001. Mykotoxine in pflanzlichen Lebensmitteln. Mykotoxine in Lebensmitteln, Behr's Seminare, Behr's Verlag Hamburg.
- Xu, W., Goßmann, M., Jiang, S., Kofoet, A. 2004. Untersuchungen zur Infektion der Spargelpflanzen durch *Fusarium*. Geographische und genetische Diversität sowie Toxigenität der Isolate. Mitteilungen aus der biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. 396 : 75. ISBN 3-930037-12-2
- Zagory, D. 1992. Choosing right film no „Crap Shoot“. Packer and Shipper. 5 : 24-25

ZMP 1999. Spargel-Markinfo der Zentralen Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Deutschen Landwirtschaft

H Anhang

Tab. 92: Post Hoc Tests für Mittelwerte der Qualitätsparameter Trockensubstanz, Textur, wasserlösliches Pectin, EDTA-lösliches Pectin, unlösliches Pectin, Lignin, Hemicellulose, Cellulose, Fructose, Glucose und Saccharose.

Homogeneous Subsets

Trockensubstanz (%)

Tukey HSD^{a,b}

Jahr	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2001	21	7,2095	
2003	18	7,2333	7,2333
2002	18		7,8917
Sig.		,996	,059

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,900.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Textur (-)

Tukey HSD^{a,b}

Jahr	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2002	18	78,4333		
2003	18		86,6389	
2001	21			92,2571
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,9
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error level not guaranteed.

Wasserlösl. Pectin (mg/g TS)

Tukey HSD^{a,b}

Jahr	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2002	18	8,7100	
2001	21	8,9638	
2003	18		14,3483
Sig.		,875	1,000

Means for groups in homogeneous subset are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,900.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)

Tukey HSD^{a,b}

Jahr	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2001	21	1,9848		
2002	18		2,5150	
2003	18			3,4583
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,900.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Fortsetzung

Unlös. Pectin (mg/g TS)Tukey HSD^{a,b}

Jahr	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2001	21	9,9952	11,8583 12,2083
2002	18		
2003	18		
Sig.		1,000	,685

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,900.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Lignin (% i.d.TS)Tukey HSD^{a,b}

Jahr	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2003	18	1,0717	1,8486
2002	18	1,1717	
2001	21		
Sig.		,720	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,900.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Hemicellulose (% i.d.TS)Tukey HSD^{a,b}

Jahr	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2002	18	3,1000	5,2417
2001	21	3,4914	
2003	18		
Sig.		,749	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,900.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Cellulose (% i.d.TS)Tukey HSD^{a,b}

Jahr	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2002	18	7,3100	9,7933
2001	21	8,3814	
2003	18		
Sig.		,092	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,900.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Fructose (mg/g TS)Tukey HSD^{a,b}

Jahr	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2003	18	152,4583	160,4367 167,7933
2001	21	160,4367	
2002	18		
Sig.		,249	,305

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,900.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Glucose (mg/g TS)Tukey HSD^{a,b}

Jahr	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
2001	21	117,7200	150,4833
2003	18	127,3800	
2002	18		
Sig.		,164	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,900.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Fortsetzung

Saccharose (mg/g TS)

Tukey HSD^{a,b}

Jahr	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
2003	18	21,1733		
2001	21		24,8519	
2002	18			28,2783
Sig.		1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18,900.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Tab. 93: Korrelationstabelle für Qualitätsparameter von nicht geschältem und geschältem Spargel (Versuchsjahre 2001 bis 2003)

Tab. 1- EK 01 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält, nicht verpackt, 10°C Lagertemperatur, vier Tage Lagerdauer)

Tab.1-E 01 10

		Trockensubstanz (%)	Textur (-)	Wasserlös.-Pectin (mg/g TS)	EDTA-lösliches Pectin (mg/g TS)	Unlösliches Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.TS)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau_b	Trockensubstanz (%)	1,000 , 63	-,233** , 63	-,153 , 63	-,131 , 63	-,276** , 63	-,241** , 63	-,274** , 63	-,079 , 63	,325** , 63	,371** , 63	,025 , 63
	Textur (-)	-,233** , 63	1,000 , 63	,181* , 63	,282** , 63	,151 , 63	-,152 , 63	-,276** , 63	-,298** , 63	,072 , 63	,021 , 63	,172 , 63
	Wasserlös.-Pectin (mg/g TS)	-,153 , 63	,181* , 63	1,00 , 63	,215* , 63	,164 , 63	,198* , 63	,029 , 63	,069 , 63	,006 , 63	-,175 , 63	,579** , 63
	EDTA-lösliches Pectin (mg/g TS)	-,131 , 63	,282** , 63	,215* , 63	1,00 , 63	,406** , 63	-,350** , 63	-,333** , 63	-,184* , 63	-,206* , 63	-,331** , 63	,448** , 63
	Unlösliches Pectin (mg/g TS)	-,276** , 63	,151 , 63	,164 , 63	,406** , 63	1,00 , 63	-,143 , 63	-,018 , 63	-,018 , 63	-,384** , 63	-,431** , 63	,083 , 63
	Lignin (% i.d.TS)	-,241** , 63	-,152 , 63	,198* , 63	-,350** , 63	-,143 , 63	1,00 , 63	,717** , 63	,606** , 63	-,217* , 63	-,248** , 63	-,050 , 63
	Hemicellulose (% i.d.TS)	-,274** , 63	-,276** , 63	,029 , 63	-,333** , 63	-,018 , 63	,717** , 63	1,00 , 63	,751** , 63	-,351** , 63	-,273** , 63	-,177 , 63
	Cellulose (% i.d.TS)	-,079 , 63	-,298** , 63	,069 , 63	-,184* , 63	-,018 , 63	,606** , 63	,751** , 63	1,00 , 63	-,371** , 63	-,403** , 63	-,076 , 63
	Fructose (mg/g TS)	,325** , 63	,072 , 63	,006 , 63	-,206* , 63	-,384** , 63	-,217* , 63	-,351** , 63	-,371** , 63	1,00 , 63	,637** , 63	-,059 , 63
	Glucose (mg/g TS)	,371** , 63	,021 , 63	-,175 , 63	-,331** , 63	-,431** , 63	-,248** , 63	-,273** , 63	-,403** , 63	,637** , 63	1,00 , 63	-,122 , 63
	Saccharose (mg/g TS)	,025 , 63	,172 , 63	,579** , 63	,448** , 63	,083 , 63	-,050 , 63	-,177 , 63	-,076 , 63	-,059 , 63	-,122 , 63	1,00 , 63

** : Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

* : Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Tab. 2- EK 01 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält, Folie OPPC, 10°C Lagertemperatur, vier Tage Lagerdauer)

Tab. 2-EK 01 10

		Trockensubstanz (%)	Textur (-)	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	Unlös. l. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.TS)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau b	Trockensubstanz (%)	1,000 , N 63	-,094 ,289 63	-,159 ,083 63	,218* ,018 63	-,019 ,839 63	-,295** ,001 63	-,458** ,000 63	,082 ,370 63	-,043 ,640 63	-,034 ,710 63	,253** ,006 63
	Textur (-)	-,094 ,289 N 63	1,000 , 63	-,100 ,265 63	,029 ,747 63	-,154 ,087 63	-,046 ,612 63	-,257** ,004 63	-,092 ,308 63	,124 ,170 63	,101 ,262 63	-,060 ,504 63
	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	-,159 ,083 N 63	-,100 ,265 63	1,000 , 63	-,340** ,000 63	,042 ,649 63	,036 ,697 63	,219* ,018 63	,430** ,000 63	,222* ,017 63	,308** ,001 63	-,172 ,065 63
	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	,218* ,018 N 63	,029 ,747 63	-,340** ,000 63	1,000 , 63	,561** ,000 63	-,168 ,073 63	-,128 ,169 63	-,111 ,232 63	-,487** ,000 63	-,621** ,000 63	,415** ,000 63
	Unlös. Pectin (mg/g TS)	-,019 ,839 N 63	-,154 ,087 63	,042 ,649 63	,561** ,000 63	1,000 , 63	-,096 ,305 63	,099 ,286 63	-,182 ,051 63	-,290** ,002 63	-,329** ,000 63	,429** ,000 63
	Lignin (% i.d.TS)	-,295** ,001 N 63	-,046 ,612 63	,036 ,697 63	-,168 ,073 63	-,096 ,305 63	1,000 , 63	,428** ,000 63	-,106 ,257 63	-,059 ,528 63	,091 ,333 63	,044 ,635 63
	Hemicellulose (% i.d.TS)	-,458** ,000 N 63	-,257** ,004 63	,219* ,018 63	-,128 ,169 63	,099 ,286 63	,428** ,000 63	1,000 , 63	,051 ,581 63	-,015 ,876 63	-,101 ,280 63	-,044 ,640 63
	Cellulose (% i.d.TS)	,082 ,370 N 63	-,092 ,308 63	,430** ,000 63	-,111 ,232 63	-,182 ,051 63	-,106 ,257 63	,051 ,581 63	1,000 , 63	-,207* ,026 63	-,074 ,428 63	-,037 ,692 63
	Fructose (mg/g TS)	-,043 ,640 N 63	,124 ,170 63	,222* ,017 63	-,487** ,000 63	-,290** ,002 63	-,059 ,528 63	-,015 ,876 63	-,207* ,026 63	1,000 , 63	,708** ,000 63	-,185* ,048 63
	Glucose (mg/g TS)	-,034 ,710 N 63	,101 ,262 63	,308** ,001 63	-,621** ,000 63	-,329** ,000 63	,091 ,333 63	-,101 ,280 63	-,074 ,428 63	,708** ,000 63	1,000 , 63	-,162 ,085 63
	Saccharose (mg/g TS)	,253** ,006 N 63	-,060 ,504 63	-,172 ,065 63	,415** ,000 63	,429** ,000 63	,044 ,635 63	-,044 ,640 63	-,037 ,692 63	-,185* ,048 63	-,162 ,085 63	1,000 , 63

*

**

**Correlation is signifikant at the 0,01 level (2-tailed)

*Correlation is signifikant at the 0,05 level (2-tailed)

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Tab. 3- EK 01 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält, OPPEC, 10°C Lager-
temperatur, vier Tage Lagerdauer)

Tab.3 EK 01 10

		Trockensubstanz (%)	Textur (-)	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	Unlös. l. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.T S)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.T S)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau_b	Trockensubstanz (%)	1,000	-,287**	-,297**	,048	-,219*	-,222*	,115	-,107	,090	-,106	-,259**
		,001	,001	,001	,606	,018	,018	,217	,251	,335	,256	,006
	N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
	Textur (-)	-,287**	1,000	,222*	-,157	,136	,106	-,060	,083	,008	,050	-,120
		,001	,014	,014	,083	,133	,249	,509	,359	,927	,586	,189
	N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	-,297**	,222*	1,000	-,054	,199*	,373**	-,101	,239*	,079	,364**	-,507**
		,001	,014	,560	,032	,000	,280	,010	,397	,000	,000	,000
	N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	,048	-,157	-,054	1,000	-,258**	-,218*	,066	-,019	-,163	,026	,043
		,606	,083	,560	,005	,021	,477	,835	,081	,778	,649	,649
	N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
	Unlös. l. Pectin (mg/g TS)	-,219*	,136	,199*	-,258**	1,000	,108	,222*	-,081	-,337**	-,400**	-,126
		,018	,133	,032	,005	,252	,017	,384	,000	,000	,000	,177
	N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
	Lignin (% i.d.TS)	-,222*	,106	,373**	-,218*	,108	1,000	-,444**	,442**	,295**	,287**	-,303**
		,018	,249	,000	,021	,252	,000	,000	,000	,002	,003	,001
	N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
	Hemicellulose (% i.d.TS)	,115	-,060	-,101	,066	,222*	-,444**	1,000	-,641**	-,389**	-,524**	,412**
		,217	,509	,280	,477	,017	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
	Cellulose (% i.d.TS)	-,107	,083	,239*	-,019	-,081	,442**	-,641**	1,000	,232*	,254**	-,359**
		,251	,359	,010	,835	,384	,000	,000	,000	,013	,007	,000
	N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
	Fructose (mg/g TS)	,090	,008	,079	-,163	-,337**	,295**	-,389**	,232*	1,000	,552**	-,211*
		,335	,927	,397	,081	,000	,002	,000	,013	,000	,000	,025
	N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
	Glucose (mg/g TS)	-,106	,050	,364**	,026	-,400**	,287**	-,524**	,254**	,552**	1,000	-,282**
		,256	,586	,000	,778	,000	,003	,000	,007	,000	,003	,003
	N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
	Saccharose (mg/g TS)	,259**	-,120	-,507**	,043	-,126	-,303**	,412**	-,359**	-,211*	-,282**	1,000
		,006	,189	,000	,649	,177	,001	,000	,000	,025	,003	,000
	N	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62

**-. Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Tab. 4- EK 01 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält, BAW 1, 10°C Lager-temperatur, vier Tage Lagerdauer)

Tab.4-EK 01 10

		Trockensubstanz (%)	Textur (-)	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	Unlös. l. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.TS)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau b	Trockensubstanz (%)	1,000	-,184*	-,158	-,078	-,209*	-,047	-,077	,022	,193*	,155	,093
	N	63	,041	,090	,400	,024	,616	,410	,815	,039	,098	,321
	Textur (-)	-,184*	1,000	-,231**	-,083	,011	-,077	-,231**	,042	,122	-,032	,087
	N	63	,041	,010	,352	,905	,395	,010	,642	,175	,725	,337
	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	-,158	-,231**	1,000	-,057	,431**	,124	,567**	-,099	-,447**	-,127	-,244**
	N	63	,010	,537	,000	,187	,000	,286	,000	,000	,171	,009
	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	-,078	-,083	-,057	1,000	-,338**	-,215*	,032	,021	-,053	-,030	-,100
	N	63	,352	,537	,000	,022	,728	,820	,565	,746	,280	,280
	Unlös. Pectin (mg/g TS)	-,209*	,011	,431**	-,338**	1,000	,140	,326**	-,182*	-,479**	-,378**	-,214*
	N	63	,905	,000	,000	,134	,000	,049	,000	,000	,000	,021
	Lignin (% i.d.TS)	-,047	-,077	,124	-,215*	,140	1,000	-,215*	,378**	-,212*	-,108	,066
	N	63	,395	,187	,022	,134	,022	,000	,025	,250	,481	,63
	Hemicellulose (% i.d.TS)	-,077	-,231**	,567**	,032	,326**	-,215*	1,000	-,427**	-,210*	,157	-,336**
	N	63	,010	,000	,728	,000	,022	,000	,024	,092	,000	,63
	Cellulose (% i.d.TS)	,022	,042	-,099	,021	-,182*	,378**	-,427**	1,000	-,168	-,207*	,395**
	N	63	,642	,286	,820	,049	,000	,000	,071	,026	,000	,63
	Fructose (mg/g TS)	,193*	,122	-,447**	-,053	-,479**	-,212*	-,210*	-,168	1,000	,631**	,136
	N	63	,175	,000	,565	,000	,025	,024	,071	,000	,000	,146
	Glucose (mg/g TS)	,155	-,032	-,127	-,030	-,378**	-,108	,157	-,207*	,631**	1,000	,175
	N	63	,725	,171	,746	,000	,250	,092	,026	,000	,061	,63
	Saccharose (mg/g TS)	,093	,087	-,244**	-,100	-,214*	,066	-,336**	,395**	,136	,175	1,000
	N	63	,337	,009	,280	,021	,481	,000	,000	,146	,061	,63

*. Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Tab. 5a- EK 02 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält, Folie PP, 10°C Lagertemperatur, drei Tage Lagerdauer)

Tab 5a-EK 02 10

		Trockensubstanz (%)	Textur (-)	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	Unlös. l. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.TS)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau_b	Trockensubstanz (%)	1,000	-,076	-,408**	,438**	-,182	-,211*	-,515**	-,542**	-,491**	-,241*	,351**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Textur (-)	-,076	1,000	-,050	-,068	,045	,030	,041	,049	,056	,022	-,075
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	-,408**	-,050	1,000	-,346**	-,031	,090	,509**	,581**	,167	-,014	-,290**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	,438**	-,068	-,346**	1,000	,260**	-,162	-,539**	-,632**	-,317**	-,016	,637**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Unlös. l. Pectin (mg/g TS)	-,182	,045	-,031	,260**	1,000	-,110	-,062	-,034	-,086	-,077	,347**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Lignin (% i.d.TS)	-,211*	,030	,090	-,162	-,110	1,000	-,048	,026	,673**	,468**	-,060
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Kendall's tau_b	Hemicellulose (% i.d.TS)	-,515**	,041	,509**	-,539**	-,062	-,048	1,000	,907**	,252**	,192*	-,715**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Cellulose (% i.d.TS)	-,542**	,049	,581**	-,632**	-,034	,026	,907**	1,000	,301**	,121	-,643**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Fructose (mg/g TS)	-,491**	,056	,167	-,317**	-,086	,673**	,252**	,301**	1,000	,699**	-,252**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Glucose (mg/g TS)	-,241*	,022	-,014	-,016	-,077	,468**	,192*	,121	,699**	1,000	-,192*
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Saccharose (mg/g TS)	,351**	-,075	-,290**	,637**	,347**	-,060	-,715**	-,643**	-,252**	-,192*	1,000
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

** - Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

* - Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Tab. 5b- EK 02 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält, Folie P-Plus 2, 10°C Lagertemperatur, drei Tage Lagerdauer)

Tab.5b-EK 02 10

		Trockensubstanz (%)	Textur (-)	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	Unlös. l. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.TS)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau b	Trockensubstanz (%)	1,000 , N 54	-,247** ,010 54	,210* ,031 54	,277** ,005 54	-,289** ,003 54	-,253* ,010 54	-,383** ,000 54	-,525** ,000 54	-,407** ,000 54	-,289** ,003 54	-,112 ,251 54
	Textur (-)	-,247** ,010 N 54	1,000 , 54	-,036 ,703 54	-,031 ,748 54	-,031 ,748 54	,060 ,534 54	,094 ,327 54	,115 ,229 54	,061 ,525 54	,066 ,487 54	-,056 ,560 54
	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	,210* ,031 N 54	-,036 ,703 54	1,000 , 54	-,164 ,092 54	,085 ,381 54	-,173 ,079 54	-,493** ,000 54	-,255** ,009 54	-,542** ,000 54	-,686** ,000 54	,105 ,281 54
	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	,277** ,005 N 54	-,031 ,748 54	-,164 ,092 54	1,000 , 54	-,138 ,157 54	-,401** ,000 54	-,179 ,068 54	-,441** ,000 54	-,243* ,013 54	-,099 ,312 54	-,330** ,001 54
	Unlös. l. Pectin (mg/g TS)	-,289** ,003 N 54	-,031 ,748 54	,085 ,381 54	-,138 ,157 54	1,000 , 54	-,213* ,031 54	,112 ,251 54	,242* ,013 54	,111 ,252 54	,072 ,459 54	-,092 ,345 54
	Lignin (% i.d.TS)	-,253* ,010 N 54	,060 ,534 54	-,173 ,079 54	-,401** ,000 54	-,213* ,031 54	1,000 , 54	,482** ,000 54	,425** ,000 54	,439** ,000 54	,199* ,043 54	,340** ,001 54
	Hemicellulose (% i.d.TS)	-,383** ,000 N 54	,094 ,327 54	-,493** ,000 54	-,179 ,068 54	,112 ,251 54	,482** ,000 54	1,000 , 54	,691** ,000 54	,533** ,000 54	,480** ,000 54	,277** ,005 54
	Cellulose (% i.d.TS)	-,525** ,000 N 54	,115 ,229 54	-,255** ,009 54	-,441** ,000 54	,242* ,013 54	,425** ,000 54	,691** ,000 54	1,000 , 54	,608** ,000 54	,412** ,000 54	,144 ,138 54
	Fructose (mg/g TS)	-,407** ,000 N 54	,061 ,525 54	-,542** ,000 54	-,243* ,013 54	,111 ,252 54	,439** ,000 54	,533** ,000 54	,608** ,000 54	1,000 , 54	,725** ,000 54	-,066 ,500 54
	Glucose (mg/g TS)	-,289** ,003 N 54	,066 ,487 54	-,686** ,000 54	-,099 ,312 54	,072 ,459 54	,199* ,043 54	,480** ,000 54	,412** ,000 54	,725** ,000 54	1,000 , 54	-,105 ,281 54
	Saccharose (mg/g TS)	-,112 ,251 N 54	-,056 ,560 54	,105 ,281 54	-,330** ,001 54	-,092 ,345 54	,340** ,001 54	,277** ,005 54	,144 ,138 54	-,066 ,500 54	-,105 ,281 54	1,000 , 54

** - Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

* - Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Tab. 5c- EK 02 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält, Coating, 10°C Lagertemperatur, drei Tage Lagerdauer)

Tab.5c-EK 02 10

		Trockensubstanz (%)	Textur (-)	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	Unlös. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.TS)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau _b	Trockensubstanz (%)	1,000	,045	-,058	,072	-,345**	-,116	,056	,145	-,440**	-,413**	,214*
		,629	,629	,549	,463	,000	,255	,567	,136	,000	,000	,027
	N	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	Textur (-)	,045	1,000	,021	,009	-,041	-,034	,158	,144	-,051	,101	,053
		,629	,629	,818	,921	,659	,725	,088	,122	,585	,278	,567
	N	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	-,058	,021	1,000	-,175	,593**	,774**	,591**	,549**	,168	,142	-,427**
		,549	,818	,549	,072	,000	,000	,000	,000	,080	,140	,000
	N	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	,072	,009	-,175	1,000	-,262**	-,208*	-,404**	-,493**	,060	,177	,282**
		,463	,921	,072	,007	,007	,041	,000	,000	,537	,068	,004
	N	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	Unlös. Pectin (mg/g TS)	-,345**	-,041	,593**	-,262**	1,000	,554**	,481**	,394**	,530**	,396**	-,711**
		,000	,659	,000	,007	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	N	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	Lignin (% i.d.TS)	-,116	-,034	,774**	-,208*	,554**	1,000	,436**	,389**	,319**	,093	-,604**
		,255	,725	,000	,041	,000	,000	,000	,000	,002	,356	,000
	N	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	Hemicellulose (% i.d.TS)	,056	,158	,591**	-,404**	,481**	,436**	1,000	,912**	,034	,132	-,394**
		,567	,088	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,726	,171	,000
	N	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	Cellulose (% i.d.TS)	,145	,144	,549**	-,493**	,394**	,389**	,912**	1,000	-,031	,067	-,329**
		,136	,122	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,746	,487	,001
	N	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	Fructose (mg/g TS)	-,440**	-,051	,168	,060	,530**	,319**	,034	-,031	1,000	,635**	-,594**
		,000	,585	,080	,537	,000	,002	,726	,746	,000	,000	,000
	N	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	Glucose (mg/g TS)	-,413**	,101	,142	,177	,396**	,093	,132	,067	,635**	1,000	-,354**
		,000	,278	,140	,068	,000	,356	,171	,487	,000	,000	,000
	N	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
	Saccharose (mg/g TS)	,214*	,053	-,427**	,282**	-,711**	-,604**	-,394**	-,329**	-,594**	-,354**	1,000
		,027	,567	,000	,004	,000	,000	,000	,001	,000	,000	,000
	N	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59

** - Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

* - Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Tab. 6- EK 02 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält, Folie PP, 10°C Lager-
temperatur, drei Tage Lagerdauer)

Tab.6-EK 02 10

		Trock ensub stanz (%)	Textur (-)	Wass erlös. Pectin (mg/g TS)	EDTA -lös. Pectin (mg/g TS)	Unlös l. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemi cellul ose (% i.d.TS)	Cellul ose (% i.d.TS)	Fructo se (mg/g TS)	Gluco se (mg/g TS)	Sacch arose (mg/g TS)
K en da ll' s ta u_ b	Trockensubstanz (%)	1,000 , 60	,140 ,129 60	-,104 ,277 60	,469 ,000 60	-,082 ,393 60	,261 ,009 60	,053 ,578 60	,322 ,001 60	-,274 ,004 60	-,641 ,000 60	,001 ,990 60
	Textur (-)	,140 ,129 60	1,000 , 60	,031 ,738 60	,114 ,221 60	-,039 ,671 60	-,080 ,400 60	-,005 ,959 60	,056 ,546 60	-,115 ,212 60	-,109 ,237 60	-,090 ,329 60
	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	-,104 ,277 60	,031 ,738 60	1,000 , 60	,102 ,294 60	,092 ,338 60	-,233 ,019 60	,086 ,372 60	,208 ,031 60	-,388 ,000 60	-,076 ,430 60	-,603 ,000 60
	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	,469 ,000 60	,114 ,221 60	,102 ,294 60	1,000 , 60	,165 ,087 60	,218 ,029 60	-,237 ,014 60	,422 ,000 60	-,030 ,756 60	-,595 ,000 60	,124 ,199 60
	Unlös. Pectin (mg/g TS)	-,082 ,393 60	-,039 ,671 60	,092 ,338 60	,165 ,087 60	1,000 , 60	,048 ,627 60	,466 ,000 60	,516 ,000 60	,201 ,036 60	,068 ,476 60	,001 ,990 60
	Lignin (% i.d.TS)	,261 ,009 60	-,080 ,400 60	-,233 ,019 60	,218 ,029 60	,048 ,627 60	1,000 , 60	-,037 ,713 60	,128 ,197 60	,121 ,221 60	-,310 ,002 60	,154 ,121 60
	Hemicellulose (% i.d.TS)	,053 ,578 60	-,005 ,959 60	,086 ,372 60	-,237 ,014 60	,466 ,000 60	-,037 ,713 60	1,000 , 60	,279 ,004 60	-,019 ,846 60	-,114 ,234 60	-,321 ,001 60
	Cellulose (% i.d.TS)	,322 ,001 60	,056 ,546 60	,208 ,031 60	,422 ,000 60	,516 ,000 60	,128 ,197 60	,279 ,004 60	1,000 , 60	,083 ,386 60	-,299 ,002 60	-,167 ,083 60
	Fructose (mg/g TS)	-,274 ,004 60	-,115 ,212 60	-,388 ,000 60	-,030 ,756 60	,201 ,036 60	,121 ,221 60	-,019 ,846 60	,083 ,386 60	1,000 , 60	,417 ,000 60	,534 ,000 60
	Glucose (mg/g TS)	-,641 ,000 60	-,109 ,237 60	-,076 ,430 60	-,595 ,000 60	,068 ,476 60	-,310 ,002 60	-,114 ,234 60	-,299 ,002 60	,417 ,000 60	1,000 , 60	,144 ,133 60
	Saccharose (mg/g TS)	,001 ,990 60	-,090 ,329 60	-,603 ,000 60	,124 ,199 60	,001 ,990 60	,154 ,121 60	-,321 ,001 60	-,167 ,083 60	,534 ,000 60	,144 ,133 60	1,000 , 60

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Tab. 7- EK 02 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält, Folie P-Plus 2, 10°C Lagertemperatur, drei Tage Lagerdauer)

Tab.7-EK 02 10

		Trockensubstanz (%)	Textur (-)	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	Unlös. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.TS)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau b	Trockensubstanz (%)	1,000 , 60	,025 ,787 60	-,216* ,024 60	,134 ,163 60	-,299** ,002 60	-,351** ,000 60	,167 ,082 60	-,149 ,119 60	,07 ,48 60	,225* ,019 60	-,006 ,954 60
	Textur (-)	,025 ,787 60	1,000 , 60	-,095 ,302 60	,008 ,928 60	-,0267* ,005 60	-,045 ,636 60	-,016 ,862 60	-,021 ,822 60	,0 ,94 60	-0,201* ,036 60	-,0235* ,014 60
	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	-,216* ,024 60	-,095 ,302 60	1,000 , 60	,292** ,002 60	,558** ,000 60	,244* ,013 60	-,197* ,039 60	,400** ,000 60	-,4** ,00 60	-,526** ,000 60	-,146 ,125 60
	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	,134 ,163 60	,008 ,928 60	,292** ,002 60	1,000 , 60	,176 ,066 60	,395** ,000 60	-,397** ,000 60	,105 ,270 60	-,4** ,00 60	-,388** ,000 60	-,229* ,017 60
	Unlös. Pectin (mg/g TS)	-,299** ,002 60	-,0267** ,005 60	,558** ,000 60	,176 ,066 60	1,000 , 60	,357** ,000 60	-,041 ,670 60	,226* ,018 60	-,2* ,02 60	-,400** ,000 60	-,111 ,245 60
	Lignin (% i.d.TS)	-,351** ,000 60	-,045 ,636 60	,244* ,013 60	,395** ,000 60	,357** ,000 60	1,000 , 60	-,602** ,000 60	,028 ,774 60	-,3** ,00 60	-,605** ,000 60	-,303** ,002 60
	Hemicellulose (% i.d.TS)	,167 ,082 60	-,016 ,862 60	-,197* ,039 60	-,397** ,000 60	-,041 ,670 60	-,602** ,000 60	1,000 , 60	,052 ,588 60	,51** ,00 60	,574** ,000 60	,450** ,000 60
	Cellulose (% i.d.TS)	-,149 ,119 60	-,132 ,167 60	,400** ,000 60	,105 ,270 60	,226* ,018 60	,028 ,774 60	,052 ,588 60	1,000 , 60	,17 ,08 60	-,209* ,028 60	,410** ,000 60
	Fructose (mg/g TS)	,067 ,481 60	-,006 ,944 60	-,387** ,000 60	-,367** ,000 60	-,231* ,015 60	-,297** ,002 60	,507** ,000 60	,169 ,077 60	1,0 , 60	,600** ,000 60	,685** ,000 60
	Glucose (mg/g TS)	,225* ,019 60	-0,201* ,036 60	-,526** ,000 60	-,388** ,000 60	-,400** ,000 60	-,605** ,000 60	,574** ,000 60	-,209* ,028 60	,60** ,00 60	1,000 , 60	,359** ,000 60
	Saccharose (mg/g TS)	-,006 ,954 60	-0,235* ,014 60	-,146 ,125 60	-,229* ,017 60	-,111 ,245 60	-,303** ,002 60	,450** ,000 60	,410** ,000 60	,69** ,00 60	,359** ,000 60	1,000 , 60

*. Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Tab.8- EK 02 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält, Coating, 10°C Lager-temperatur, drei Tage Lagerdauer)

Tab.8_EK 02 10

		Trockensubstanz (%)	Textur (-)	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	Unlös. l. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.TS)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau _b	Trockensubstanz (%)	1,000	-,144	-,035	,553**	-,208*	,041	-,070	-,070	-,391**	-,698**	-,193*
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Textur (-)	-,144	1,000	,152	-,143	-,103	-,117	-,228*	,051	-,129	,010	-,027
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	-,035	,152	1,000	,004	-,107	,024	-,178	-,063	-,146	-,106	-,515**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	,553**	-,143	,004	1,000	,001	,009	-,119	-,104	-,179	-,581**	-,188*
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Unlös. Pectin (mg/g TS)	-,208*	-,103	-,107	,001	1,000	,067	,563**	,621**	,345**	,111	-,036
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Lignin (% i.d.TS)	,041	-,117	,024	,009	,067	1,000	-,060	,018	-,085	-,112	,148
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Hemicellulose (% i.d.TS)	-,070	-,228*	-,178	-,119	,563**	-,060	1,000	,523**	,318**	,220*	-,119
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Cellulose (% i.d.TS)	-,070	,051	-,063	-,104	,621**	,018	,523**	1,000	,296**	,047	-,141
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Fructose (mg/g TS)	-,391**	-,129	-,146	-,179	,345**	-,085	,318**	,296**	1,000	,534**	,200*
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Glucose (mg/g TS)	-,698**	,010	-,106	-,581**	,111	-,112	,220*	,047	,534**	1,000	,312**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Saccharose (mg/g TS)	-,193*	-,027	-,515**	-,188*	-,036	,148	-,119	-,141	,200*	,312**	1,000
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

** : Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

* : Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

Kendall's tau_b - Test

Fortsetzung

Tab. 9- EK 03 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält, Folie BAW 3, 10°C Lagertemperatur, vier Tage Lagerdauer)

Tab.9-EK 03 10

		Trockensubstanz (%)	Textur (-)	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	Unlös. l. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.TS)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau b	Trockensubstanz (%)	1,000	-,316**	,129	,310**	,190	-,473**	-,282*	-,308**	-,318**	-,426**	,085
	N	,004	,004	,252	,006	,091	,000	,013	,007	,005	,000	,451
		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Textur (-)	-,316**	1,000	-,141	-,170	,013	,218*	,179	,101	,032	,070	,156
	N	,004	,004	,196	,120	,905	,049	,105	,364	,769	,521	,155
		42	54	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	,129	-,141	1,000	,137	,004	-,512**	-,710**	-,458**	-,389**	-,278*	-,127
	N	,252	,196	,000	,218	,974	,000	,000	,000	,000	,013	,253
		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	,310**	-,170	,137	1,000	,042	-,487**	-,156	-,210	-,268*	-,205	-,408**
	N	,006	,120	,218	,000	,703	,000	,165	,064	,016	,066	,000
		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Unlös. Pectin (mg/g TS)	,190	,013	,004	,042	1,000	-,183	-,136	-,041	-,425**	-,474**	,132
	N	,091	,905	,974	,703	,104	,225	,718	,000	,000	,000	,235
		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Lignin (% i.d.TS)	-,473**	,218*	-,512**	-,487**	-,183	1,000	,501**	,454**	,350**	,303**	,387**
	N	,000	,049	,000	,000	,104	,000	,000	,000	,002	,007	,001
		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Hemicellulose (% i.d.TS)	-,282*	,179	-,710**	-,156	-,136	,501**	1,000	,657**	,485**	,443**	-,107
	N	,013	,105	,000	,165	,225	,000	,000	,000	,000	,000	,342
		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Cellulose (% i.d.TS)	-,308**	,101	-,458**	-,210	-,041	,454**	,657**	1,000	,423**	,321**	-,071
	N	,007	,364	,000	,064	,718	,000	,000	,000	,000	,005	,532
		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Fructose (mg/g TS)	-,318**	,032	-,389**	-,268*	-,425**	,350**	,485**	,423**	1,000	,772**	-,028
	N	,005	,769	,000	,016	,000	,002	,000	,000	,000	,000	,802
		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Glucose (mg/g TS)	-,426**	,070	-,278*	-,205	-,474**	,303**	,443**	,321**	,772**	1,000	-,139
	N	,000	,521	,013	,066	,000	,007	,000	,005	,000	,000	,210
		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Saccharose (mg/g TS)	,085	,156	-,127	-,408**	,132	,387**	-,107	-,071	-,028	-,139	1,000
	N	,451	,155	,253	,000	,235	,001	,342	,532	,802	,210	,000
		42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42

** : Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

* : Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Tab. 10-EK 03 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (geschält, Folie BAW 3, 10°C Lagertemperatur, vier Tage Lagerdauer)

Tab.10-EK 03 10

		Trocke substanz (%)	Textur (-)	Wasserlöst. Pectin (mg/g TS)	EDTA-löst. Pectin (mg/g TS)	Unlöst. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.TS)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau_b	Trockensubstanz (%)	1,000 , 42	-,205 ,064 42	,058 ,608 42	,203 ,071 42	-,055 ,623 42	-,101 ,380 42	,053 ,645 42	,230* ,045 42	,048 ,670 42	,131 ,243 42	-,239* ,033 42
	Textur (-)	-,205 ,064 42	1,000 , 54	,036 ,744 42	-,206 ,061 42	,224* ,041 42	,139 ,213 42	,158 ,156 42	,206 ,065 42	,210 ,056 42	,203 ,065 42	,133 ,223 42
	Wasserlöst. Pectin (mg/g TS)	,058 ,608 42	,036 ,744 42	1,000 , 42	-,043 ,703 42	-,142 ,202 42	-,112 ,324 42	-,176 ,120 42	,173 ,128 42	-,154 ,167 42	-,093 ,402 42	-,234* ,036 42
	EDTA-löst. Pectin (mg/g TS)	,203 ,071 42	-,206 ,061 42	-,043 ,703 42	1,000 , 42	-,096 ,389 42	-,570** ,000 42	,072 ,525 42	-,331** ,004 42	-,377** ,001 42	-,291** ,009 42	-,650** ,000 42
	Unlöst. Pectin (mg/g TS)	-,055 ,623 42	,224* ,041 42	-,142 ,202 42	-,096 ,389 42	1,000 , 42	,012 ,913 42	,248* ,029 42	,272* ,017 42	,362** ,001 42	,365** ,001 42	,171 ,125 42
	Lignin (% i.d.TS)	-,101 ,380 42	,139 ,213 42	-,112 ,324 42	-,570** ,000 42	,012 ,913 42	1,000 , 42	,028 ,809 42	,031 ,792 42	,114 ,314 42	,002 ,983 42	,408** ,000 42
	Hemicellulose (% i.d.TS)	,053 ,645 42	,158 ,156 42	-,176 ,120 42	,072 ,525 42	,248* ,029 42	,028 ,809 42	1,000 , 42	,080 ,488 42	,074 ,511 42	,067 ,554 42	-,124 ,274 42
	Cellulose (% i.d.TS)	,230* ,045 42	,206 ,065 42	,173 ,128 42	-,331** ,004 42	,272* ,017 42	,031 ,792 42	,080 ,488 42	1,000 , 42	,515** ,000 42	,508** ,000 42	,207 ,068 42
	Fructose (mg/g TS)	,048 ,670 42	,210 ,056 42	-,154 ,167 42	-,377** ,001 42	,362** ,001 42	,114 ,314 42	,074 ,511 42	,515** ,000 42	1,000 , 42	,867** ,000 42	,362** ,001 42
	Glucose (mg/g TS)	,131 ,243 42	,203 ,065 42	-,093 ,402 42	-,291** ,009 42	,365** ,001 42	,002 ,983 42	,067 ,554 42	,508** ,000 42	,867** ,000 42	1,000 , 42	,263* ,018 42
	Saccharose (mg/g TS)	-,239* ,033 42	,133 ,223 42	-,234* ,036 42	-,650** ,000 42	,171 ,125 42	,408** ,000 42	-,124 ,274 42	,207 ,068 42	,362** ,001 42	,263* ,018 42	1,000 , 42

*. Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

Kendall's tau b - Test

Fortsetzung

Tab. 11-EK 03 10: Korrelationen der Qualitätsparameter von Spargel (nicht geschält, Folie P-Plus 3, 10°C Lagertemperatur, vier Tage Lagerdauer)

Tab.11-EK 03 10

		Trockensubstanz (%)	Textur (-)	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	Unlös. l. Pectin (mg/g TS)	Lignin (% i.d.TS)	Hemicellulose (% i.d.TS)	Cellulose (% i.d.TS)	Fructose (mg/g TS)	Glucose (mg/g TS)	Saccharose (mg/g TS)
Kendall's tau_b	Trockensubstanz (%)	1,000	-,187*	,491**	-,286**	-,009	,399**	-,354**	-,268**	-,439**	,011	,225*
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Textur (-)	-,187*	1,000	-,006	-,159	,221*	,138	-,012	,031	,219*	,170	,148
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Wasserlös. Pectin (mg/g TS)	,491**	-,006	1,000	-,649**	,124	,220*	-,394**	-,239*	-,129	,368**	,440**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	EDTA-lösl. Pectin (mg/g TS)	-,286**	-,159	-,649**	1,000	-,301**	-,280**	,415**	,353**	-,071	-,566**	-,792**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Unlös. Pectin (mg/g TS)	-,009	,221*	,124	-,301**	1,000	,484**	-,001	,022	,351**	,014	,189*
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Lignin (% i.d.TS)	,399**	,138	,220*	-,280**	,484**	1,000	-,330**	-,075	-,003	,068	,110
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Hemicellulose (% i.d.TS)	-,354**	-,012	-,394**	,415**	-,001	-,330**	1,000	,217*	-,088	-,489**	-,485**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Cellulose (% i.d.TS)	-,268**	,031	-,239*	,353**	,022	-,075	,217*	1,000	,142	-,474**	-,493**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Fructose (mg/g TS)	-,439**	,219*	-,129	-,071	,351**	-,003	-,088	,142	1,000	,180	,131
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Glucose (mg/g TS)	,011	,170	,368**	-,566**	,014	,068	-,489**	-,474**	,180	1,000	,552**
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Saccharose (mg/g TS)	,225*	,148	,440**	-,792**	,189*	,110	-,485**	-,493**	,131	,552**	1,000
	N	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

*. Correlation is significant at the .05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the .01 level (2-tailed).

Tab. 94: Unterschiede (%) der Qualitätsparameter von S2 im Vergleich zu S1 in nicht geschältem, nicht gelagertem Spargel (Kontrolle) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter	S2 (%)
TX	+7
WPF	n.s.
EPF	n.s.
UPF	n.s.
LIG	+57*
HEM	+6
CEL	-4
FRU	+2
GLU	n.s.
SAC	-9

Tab. 95: Veränderungen der Qualitätsparameter in S1 und S2 von Spargel (nicht geschält gelagert zwei Tage bei 2°C und 20°C) (* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

Qualitätsparameter (%)	2°C		20°C	
	S1	S2	S1	S2
TX	n.s.	n.s.	-9	n.s.
WPF	n.s.	+8	-5	n.s.
EPF	+42*	+25*	-12	-16
UPF	+16	-16	+17	n.s.
LIG	-60*	-50*	n.b.	n.b.
HEM	-33*	+7	+6	-14
CEL	-10	+19	+12	n.b.
FRU	n.s.	-6	-13	n.s.
GLU	-15	-14	-29*	-10
SAC	+69*	+53*	n.s.	n.s.

Tab. 96: Veränderungen der Qualitätsparameter (%) von in Folie P-Plus 2 gelagertem Spargel (nicht geschält, zwei Tage gelagert bei 10°C) im Vergleich zur Kontrolle

(* = signifikant, $\alpha = 0,05$)

	P-Plus 2	
Qualitätsparameter (%)	S1	S2
TX	n.s	-10
WPF	+11	+19
EPF	-16	-29*
UPF	n.s	+10
LIG	+13	+37*
HEM	n.s	+36*
CEL	+41*	+16
FRU	+13	n.s
GLU	n.s	n.s
SAC	-10	+18

I Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt:

- **Fr. Dr. Huyskens-Keil und Frau Prof. Dr. Büttner** für das Engagement und die unermüdliche Geduld bei der Betreuung, die wertvollen fachlichen Anregungen und die tatkräftige Unterstützung, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre
- Frau Dr. Goßmann für die hervorragende Anleitung bei der Bonitierung der Pilzgattungen und deren komplizierter taxonomischer Einordnung
- Frau Inge Dressel für die immer freundliche und geduldige Unterweisung bei den chemischen Analysen
- Herrn Jürgen Hoffmann, Beelitzer Spargel Erzeugergemeinschaft, für die großzügige Überlassung des Versuchsmaterials
- den Mitarbeitern des Fachgebietes Phytomedizin der Humboldt-Universität Fr. Dr. Bandte, Herrn Dr. Obermeyer, Frau Junge und Frau Budruss für vielfältige Hilfestellung bei der Elektronenmikroskopie bzw. Fotografie und Herrn Schober für die Dienste im Rahmen der Aufbereitung des Versuchsmaterials
- Frau Dr. Kiora und den Mitarbeitern im Fachgebiet Tierzucht der Tropen und Subtropen für die freundliche Unterstützung bei der Erstellung der Lignin-Analysen
- Frau Dr. Kroschewski für die Einführung in die Welt der Statistik
- Frau Professor Hecht-Buchholz für die Beratung bei der Interpretation der TEM-Fotos
- Herrn Dipl.Ing. Linke (ATB), der die thermische Fotografie der Spargelstangen möglich machte

Schließlich gilt mein Dank meinen Kindern Karola, Klaudia und Martin für das meiner Arbeit entgegengebrachte Verständnis.

J Eidesstattliche Versicherung

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen, als die angegebenen Hilfsmittel verwendet wurden.

Kremmen, d. 4.7.2005

gez. Renate Kadau, geb. Weiß